

Les innovateurs

Walter Isaacson

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Walter Isaacson

L'auteur de la biographie de référence de Steve Jobs

Les Innovateurs



Comment un groupe de génies,
hackers et geeks a fait la révolution numérique

JCLattès

Walter Isaacson

LES INNOVATEURS

Comment un groupe de génies,
hackers et geeks
a fait la révolution numérique

*Traduit de l'anglais (États-Unis)
par Bernard Sigaud*

JClattès

Titre de l'édition originale :
THE INNOVATORS
Publiée par Simon & Schuster

Maquette de couverture : Bleu T

Photo : Ada Lovelace © Portrait by Margaret Carpenter, photo by Universal History Archive/Getty Images. Alan Turing © Fine Art Images/Heritage Images/Getty Images. Bill Gates © Theo Wargo/Wire Image for OMEGA/Getty Images. Steve Jobs © S. Granitz/WireImage/Getty Images.

Extraits de « All Watched Over by Machines of Loving Grace » de *The Pill Versus the Springhill Mine Disaster* de Richard Brautigan. © 1968 by Richard Brautigan. Reproduit avec la permission de Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company. Tous droits réservés.

Recherche et travail iconographique par Laura Wyss, Wyssphoto, Inc., avec l'aide de Elizabeth Seramur, Amy Hikida et Emily Vinson, et par Jonathan Cox.

© 2014 by Walter Isaacson. Tous droits réservés.

© 2015, éditions Jean-Claude Lattès pour la traduction française.

Première édition novembre 2015.

ISBN : 978-2-7096-4899-8

DU MÊME AUTEUR

En français :

Benjamin Franklin : une vie américaine, ADA, 2008.

Einstein, la vie d'un génie, G. Trédaniel, 2010.

Steve Jobs, Lattès, 2011.

Autres titres non traduits :

Pro and Con, Putnam, 1983.

A Benjamin Franklin Reader, Simon & Schuster, 2005.

Kissinger : A Biography, Simon & Schuster, 2005.

American Sketches, Simon & Schuster, 2010.

The Wise Men : Six Friends and the World They Made (avec Evan Thomas), Simon & Schuster, 2013.

www.editions-jclattes.fr

1842



Ada, comtesse Lovelace, publie ses « Notes » sur la machine analytique de Babbage.

1847

George Boole crée un système utilisant l'algèbre pour le raisonnement mathématique.

1890



Le recensement est effectué avec les tabultrices à cartes perforées d'Herman Hollerith.

1894



Vannevar Bush conçoit l'analyseur différentiel », calculateur analogique électromécanique.

1935



Tummy Flowers inaugure l'usage des lampes à vide comme commutateurs de circuits.

1937



Alan Turing outline « Sur les nombres calculables » et décrit un calculateur universel.



Claude Shannon explique comment des circuits de commutateurs peuvent exécuter des tâches relevant de l'algèbre booleenne.

George Stibitz, des laboratoires Bell, propose un calculateur utilisant un circuit électronique.



Howard Aiken propose la construction d'un gros calculateur numérique et découvre des morceaux de la machine à différences de Babbage à Harvard.



John Vincent Atanasoff rassemble les concepts d'un calculateur électronique pendant un long trajet en voiture par une nuit d'hiver.

1937

William Hewlett et David Packard forment une société dans un garage de Palo Alto.

1947

Atanasoff achève un modèle de calculateur électronique doté de tambours mémoires mécaniques.



Turing arrive à Bletchley Park pour travailler au déchiffrement des codes secrets allemands.

1947



Konrad Zuse achève le Z3, calculateur numérique électromécanique programmable par filaments fonctionnel.



John Mauchly rend visite à Atanasoff en Iowa et assiste à une démonstration du calculateur.

1800

1942



Atanasoff achève un calculateur fonctionnant partiellement avec trois cents lampes et rejoint la Marine.

1943



Le Colossus, calculateur à lampes destiné à percer les codes allemands, est achevé à Bletchley Park.

1944



Le Mark I d'Harvard entre en service.



John von Neumann rejoint Penn State pour travailler sur l'ENIAC.

1945

Von Neumann rédige le « Projet initial de rapport sur l'EDVAC » décrivant un ordinateur programmable.



Six programmeuses de l'EDVAC vont suivre une formation au Centre d'Etudes d'Harvard, au Maryland.



Vannevar Bush publie, « Comme nous voyons le passé » et définit l'ordinateur individuel.

Vannevar Bush publie « La science, frontière sans fin » et propose le financement gouvernemental de la recherche universitaire et industrielle.

L'ENIAC est totalement opérationnel.

1947



Invention du transistor aux laboratoires Bell.

1950

Turing publie un article décrivant un test pour l'intelligence artificielle.

1952



Grace Hopper élabora le premier compilateur informatique.

Von Neumann achève un ordinateur moderne à l'Institut d'Etudes avancées de Princeton.



L'UNIVAC prédit la victoire d'Eisenhower à l'élection présidentielle.

1952

1954	Suicide d'Alan Turing.  Becos Instruments introduit le transistor au silicium et contribue au lancement du poste de radio Rügen ty.	1957	 Robert Noyce, Gordon Moore & al. fondent Fairchild Semiconductor.	1961	Le président Kennedy propose l'envoi d'un homme sur la Lune.
1956	 Fondation de Spadcoley Semiconductor. Premier colloque sur l'intelligence artificielle.	1958	 L'URSS lance Spoutnik 1.	1962	 Des hackers du MIT créent le jeu Spacewar.
	 Jack Kilby fait la démonstration du circuit intégré ou puce électronique.	1960	 J. C. R. Licklider publie « La symbiose homme-machine »,.		Lipditer devient le directeur-fondateur du bureau des techniques de traitement de l'information à l'ARPA.
	1959 Noyce et des collègues de Fairchild inventent de leur côté le circuit intégré.		 Paul Baran, de la RAND, conçoit le transfert par paquets.		Doug Engelbart publie « Augmenter l'intellect humain ».
				1969	Licklider propose un « Réseau informatique intergalactique ».  Doug Engelbart et Bill English inventent la souris.

1964



Ken Kesey et ses Merry Pranksters traversent les États-Unis en bus.

1965 Ted Nelson publie le premier article sur l'« hypertexte ».



La loi de Moore prévoit qu'en gros la puissance des microprocesseurs doublera chaque année.

1966



Stewart Brand accueille le Trips Festival de Ken Kesey.



Bob Taylor convainc Charles Horrold, chef de l'ARPA, de financer ARPANET.

Donald Davies crée le terme « transfert par paquets ».

1967 Discussion sur la conception d'ARPANET à Ann Arbor et à Göttingen.

1968



Larry Roberts diffuse un appel d'offres pour construire les routeurs d'ARPANET.



Margaret Moore, de chez Intel, engage Andy Grove.



Stewart Brand publie le premier *Whole Earth Catalog*.



Engelbart organise « la Mère de toutes les démos » avec l'aide de Reid.

1969



Installation des premiers routeurs ARPANET.

1971 Don Hoefler inaugure sa rubrique « Silicon Valley USA » dans *Electronic News*.

Entièrement à l'estif du *Whole Earth Catalog*.



Présentation du microprocesseur Intel 4004.



Ray Tomlinson invente le courrier.

1972



Nolan Bushnell crée *Pong* chez Atari avec Al Alcorn.

1972

1973



Alan Kay contribue à la création de l'Alto au Xerox PARC.

Elaboration d'Ethernet par Bob Metcalfe au Xerox PARC.



Installation du terminal partagé de Community Memory chez Leopold's Records à Berkeley.



Vinton Cerf et Bob Kahn achevant les protocoles TCP/IP pour Internet.

1974

Sortie de l'Intel 8080.

1975



Apparition de l'ordinateur individuel Altair de MITS.



Paul Allen et Bill Gates écrivent le BASIC pour l'Altair et rejoignent Microsoft.

Prochaine situation du Homebrew Computer Club.



Steve Jobs et Steve Wozniak lancent l'Apple I.

1977



Mise sur le marché de l'Apple II.

1979

Premier serveur télématique Internet.

1979

Invention des newsgroups Usenet.

Visite de Jobs au Xerox PARC.

1980



IBM charge Microsoft de développer un système d'exploitation pour le PC.

1981

Le modem Hayes est commercialisé pour les particuliers.

1985



Microsoft annonce Windows.



Richard Stallman commence à développer le système d'exploitation libre GNU.

1973

1984



Apple présente le Macintosh.

1985

THE WELL

Stewart Brand et Larry Brilliant lancent The WELL.

CYC lance O-Link, qui devient AOL.

1991



Linus Torvalds publie la première version du noyau Linux.



Tim Berners-Lee annonce le World Wide Web.

1993



Marc Andreessen annonce le navigateur Mosaic.



Steve Case et AOL offrent l'accès direct à Internet.

1994



Justin Hall lance le blog et son annuaire.

Pathfinder de Time Inc. et Hotwired deviennent les premiers grands éditeurs de magazines sur le Web.

1995

Le Web Wiki Web de Ward Cunningham arrive sur Internet.

1997



Cordinateur Deep Blue d'IBM bat Garry Kasparov aux échecs.

1998



Larry Page et Sergey Brin lancent Google.

1999



Ey Williams lance Blogger.

2001



Jimmy Wales lance Wikipédia avec Larry Sanger.

2011



Cordinateur Watson d'IBM gagne à Jeopardy!

2011

Introduction

Comment ce livre est né

L'ordinateur et Internet comptent parmi les inventions les plus importantes de notre époque, mais peu de gens savent qui les ont créées. Elles ne se sont pas matérialisées dans un grenier ou un garage sous la baguette magique d'inventeurs solitaires propres à être distingués sur des couvertures de magazines ou à être placés dans un panthéon aux côtés d'Edison, de Bell et de Morse. Au lieu de quoi la plupart des innovations de l'ère numérique ont été des œuvres collectives. Y ont participé nombre d'individus fascinants, dont certains étaient ingénieurs et quelques-uns même des génies. Voici l'histoire de ces pionniers, hackers, inventeurs et entrepreneurs : qui ils étaient, comment fonctionnait leur esprit et ce qui les a rendus si créatifs. Elle explique aussi comment ils collaboraient et pourquoi leur aptitude à travailler en équipe les a rendus encore plus créatifs.

Le récit de leur travail d'équipe est important car nous oublions souvent à quel point ce talent est essentiel à l'innovation. Il existe des milliers d'ouvrages célébrant des gens que nous autres biographes décrivons ou idéalisons comme des inventeurs solitaires. J'en ai commis quelques-uns moi-même. Tapez « l'homme qui a inventé » dans la barre de recherche d'une certaine librairie en ligne et vous obtiendrez mille huit cent soixante résultats rien que pour les livres. Or nous disposons de bien moins d'ouvrages sur la créativité collaborative, qui est en réalité plus importante pour comprendre comment s'est façonnée la révolution technologique actuelle. Elle peut être aussi plus intéressante.

Nous parlons tellement d'innovation aujourd'hui que c'est devenu un cliché vidé de tout sens précis. Aussi ai-je entrepris dans le présent ouvrage de relater comment l'innovation se produit dans le monde

réel. Comment les innovateurs les plus imaginatifs de notre temps transforment-ils en réalités des idées perturbatrices ? Je me concentre sur une douzaine des percées les plus significatives de l'ère numérique et sur leurs auteurs. Quels étaient les ingrédients à la base de leurs bonds créatifs ? Quelles aptitudes se sont révélées les plus utiles ? Comment dirigeaient-ils et collaboraient-ils ? Pourquoi certains ont-ils réussi et d'autres échoué ?

J'examine également les forces sociales et culturelles qui fournissent le cadre propice à l'innovation. Pour la naissance de l'ère numérique, il s'agissait d'un écosystème de recherche alimenté par les crédits gouvernementaux et géré par une collaboration triangulaire entre les militaires, l'industrie et les universitaires. Il s'est trouvé en intersection avec une alliance informelle d'organiseurs associatifs, de hippies communautaristes, de bricoleurs et bidouilleurs, de pirates et de hackers, dont la plupart se méfiaient de toute autorité centralisée.

On peut écrire des historiques plus ou moins centrés sur l'un de ces différents facteurs. Prenons par exemple l'invention à Harvard de l'IBM Mark I, le premier gros ordinateur électromécanique. L'un de ses programmeurs – une programmeuse –, Grace Hopper, rédigea un historique axé sur son principal créateur, Howard Aiken. IBM répliqua avec un historique évoquant ses équipes d'ingénieurs anonymes à l'origine des nombreuses innovations incrémentielles, depuis les compteurs jusqu'aux alimentations en cartes perforées, qui avaient été intégrées à la machine.

De même, l'importance qu'il conviendrait d'accorder à des individus prestigieux au détriment des courants culturels est depuis longtemps sujette à polémique. Thomas Carlyle déclara que « l'histoire du monde n'est que la biographie des grands hommes », et Herbert Spencer répondit par une théorie qui soulignait le rôle des forces sociétales. Les universitaires et les protagonistes voient souvent cet équilibre différemment. « En tant que professeur, j'avais tendance à envisager une Histoire gérée par des forces impersonnelles, confiait Henry Kissinger à des journalistes pendant l'une de ses navettes au Moyen-Orient dans les années 1970. Mais quand on la voit en pratique, on remarque la différence que font les personnalités¹. » Quand il s'agit de l'innovation à l'ère numérique, comme pour les négociations pour la paix au Moyen-Orient, tout un éventail de forces personnelles et culturelles entrent en jeu, et j'ai cherché dans le présent ouvrage à les tresser en une trame unique.

Internet avait été construit à l'origine pour faciliter la collaboration. En revanche, les ordinateurs dits personnels, surtout ceux prévus pour

être utilisés chez soi, étaient conçus comme des outils de la créativité individuelle. Pendant plus d'une décennie, à compter du début des années 1970, le développement des réseaux et celui des ordinateurs domestiques procédèrent indépendamment l'un de l'autre. Ils commencèrent à se rejoindre à la fin des années 1980 avec l'avènement des modems, des services en ligne et du World Wide Web. Tout comme la combinaison de la machine à vapeur avec l'ingénierie mécanique a impulsé la Révolution industrielle, la combinaison de l'ordinateur et des réseaux délocalisés a conduit à une révolution numérique qui a permis à tout un chacun de créer, de diffuser et de recouvrer n'importe quel type d'information où que ce soit dans le monde.

Les historiens des sciences hésitent parfois à qualifier de *révolutions* les périodes de grands changements, car ils préfèrent considérer le progrès comme un processus évolutif. « La Révolution scientifique, cela n'existe pas, et c'est le sujet de ce livre » – telle est l'ironique première phrase de l'ouvrage que Stephen Shapin, professeur à Harvard, a écrit sur cette période. Une des méthodes employées par Shapin pour sortir de cette contradiction quasi facétieuse consiste à relever à quel point les principaux protagonistes ont « vigoureusement exprimé l'opinion » qu'ils participaient à une révolution. « C'est essentiellement d'eux que provient notre impression d'un changement radical en marche². »

De même, la plupart d'entre nous aujourd'hui partagent l'impression que les progrès du numérique dans les cinquante dernières années sont en train de transformer voire de révolutionner notre façon de vivre. Je me souviens encore de l'enthousiasme qu'engendrait chaque nouvelle percée. Mon père et mes oncles étaient ingénieurs en électricité et, comme de nombreux personnages de ce livre, j'ai grandi avec un atelier en sous-sol où il y avait des cartes avec des circuits à souder, des postes de radio à désosser, des lampes à tester, et de pleines boîtes de transistors et de résistances à trier et à déployer. En tant que fondu d'électronique qui adorait les coffrets de montage Heathkit et les ondes courtes (indicatif WA5JTP), je me souviens du moment où les lampes ont cédé la place aux transistors. À l'université, j'ai appris à programmer avec des cartes perforées et je me rappelle quand le supplice du traitement par lots a été remplacé par les délices de l'interaction au clavier. Dans les années 1980, je vibrais en entendant les chuintements et crissements que produisaient les modems lorsqu'ils vous ouvraient les portes du royaume bizarrement magique des services en ligne et de la télématique ; au début des années 1990, j'ai aidé à implanter chez *Time* et Time Warner un secteur numérique qui a lancé de nouveaux services sur le Web et

Internet à haut débit. Comme l'a dit Wordsworth des enthousiastes qui étaient présents au début de la Révolution française : « Quel bonheur ce fut d'être en vie dans cette aube. »

J'ai commencé à travailler sur ce livre il y a plus d'une décennie. Il est né de ma fascination pour les avancées de l'ère numérique dont j'avais été témoin et aussi de ma biographie de Benjamin Franklin – innovateur, inventeur, éditeur, pionnier du service postal, et réseuteur et entrepreneur de l'information tous azimuts. Je voulais prendre mes distances avec la rédaction de biographies qui ont tendance à accentuer le rôle de personnalités singulières, et produire à nouveau un ouvrage comme *The Wise Men* (Les Six Sages), écrit en collaboration avec un confrère, sur le travail d'équipe créatif de six amis qui avaient façonné la politique américaine en matière de guerre froide. Mon projet initial était de me concentrer sur les équipes qui avaient créé Internet. Mais lorsque je me suis entretenu avec Bill Gates, il m'a convaincu que l'émergence simultanée d'Internet et de l'ordinateur individuel fournirait une matière plus riche. J'ai mis le livre en attente début 2009, lorsque j'ai commencé à travailler sur une biographie de Steve Jobs. Or son histoire a renforcé chez moi l'intérêt pour la manière dont s'entremêlent les développements d'Internet et de l'ordinateur et dès que j'ai achevé cette biographie, je me suis remis à travailler sur l'histoire des innovateurs de l'ère numérique.

Les protocoles d'Internet ont été conçus grâce une collaboration entre pairs, et le système résultant semble avoir incrusté dans son code génétique une propension à faciliter pareille collaboration. Le pouvoir de créer et de transmettre l'information était intégralement réparti entre tous les nœuds du réseau, et toute tentative pour imposer des contrôles ou une hiérarchie pouvait être contournée. Sans tomber dans l'illusion téléologique consistant à attribuer des intentions ou une personnalité à une technologie, il est juste de dire qu'un système de réseaux ouverts connectés à des ordinateurs contrôlés par des particuliers tendait, à l'instar de la presse à imprimer, à arracher la mainmise sur la diffusion de l'information aux gardiens, aux autorités centrales et aux institutions qui employaient scribes et copistes. Les gens ordinaires avaient par conséquent moins de difficultés à créer et à partager du contenu.

La collaboration qui créa l'ère numérique ne se faisait pas seulement entre pairs, mais aussi entre générations. Des idées se transmettaient d'une cohorte d'innovateurs à la suivante. Un autre thème qui émergea de mes recherches était le fait que les utilisateurs ont à maintes reprises réquisitionné les innovations numériques pour créer

des outils de communication et de réseautage social. J'en vins aussi à m'intéresser à la quête de l'intelligence artificielle – des machines qui pensent toutes seules –, dans la mesure où elle s'est constamment avérée moins fructueuse que la création de méthodes pour forger un partenariat ou une symbiose entre humains et machines.

Enfin, j'ai été frappé par le fait que la plus authentique créativité de l'ère numérique soit venue de ceux et celles qui étaient capables de connecter les arts et lettres avec les sciences. Ils croyaient à l'importance de la beauté. « Je me suis toujours considéré comme un littéraire quand j'étais gosse, mais j'adorais l'électronique, me confia Jobs lorsque je me lançai dans sa biographie. Puis j'ai lu un truc qu'un de mes héros, Edwin Land, de Polaroid, avait dit à propos de l'importance des gens capables de fonctionner à l'intersection des humanités et des sciences, et j'ai décidé que c'était ça que je voulais faire. » Les gens qui vivaient bien cette intersection des arts et des lettres avec la technologie ont contribué à créer la symbiose humain-machine qui est au centre du présent récit.

Comme nombre d'aspects de l'ère numérique, l'idée que l'innovation réside là où l'art et la science se rencontrent n'est pas neuve. Léonard de Vinci a symbolisé la créativité qui s'épanouit lorsqu'interagissent humanités et sciences. Quand Einstein était bloqué dans ses méditations sur la relativité générale, il sortait son violon et jouait du Mozart jusqu'à ce qu'il puisse se reconnecter à ce qu'il appelait l'harmonie des sphères.

S'agissant de calculs et d'ordinateurs, il y a une autre figure historique, moins connue, qui incarna la combinaison des arts et des sciences. Comme son illustre père, elle comprenait le romantisme de la poésie. Contrairement à lui, elle voyait aussi la poésie dans les mathématiques et les machines. Et c'est là que commence notre récit.



Ada, comtesse Lovelace (1815-1852), peinte par Margaret Sarah Carpenter en 1836.



*Lord Byron (1788-1824), père d'Ada, en tenue albanaise, peint
par Thomas Phillips en 1835.*



Charles Babbage (1791-1871), photographie prise vers 1837.

1.

Ada, comtesse Lovelace

Science poétique

En mai 1833, à dix-sept ans, Ada Byron comptait parmi les jeunes femmes présentées à la cour royale anglaise. Des membres de sa famille s'étaient inquiétés de la façon dont elle s'acquitterait de sa tâche, vu sa nature hypersensible et indépendante, mais finalement elle se comporta, selon sa mère, « de manière acceptable ». Parmi les personnalités qu'Ada rencontra ce soir-là se trouvaient le duc de Wellington, dont elle admira les manières directes, et l'ambassadeur français Talleyrand, soixante-dix-neuf ans, qui lui fit l'effet « d'un vieux singe¹ ».

Unique enfant légitime du poète lord Byron, Ada avait hérité de son père son esprit romantique, trait que sa mère essaya de contrebalancer en lui faisant donner des leçons de mathématiques. Cette combinaison produisit chez Ada un amour de ce qu'elle prit l'habitude de dénommer la « science poétique », qui associait son imagination rebelle à son enchantement vis-à-vis des nombres. Pour beaucoup, dont son père, les sensibilités raréfiées de l'ère romantique étaient incompatibles avec l'enthousiasme technologique de la Révolution industrielle. Mais Ada était à son aise à l'intersection des deux.

Aussi n'est-il pas surprenant que son début à la cour, en dépit du prestige attaché à cette occasion, l'ait moins impressionnée que sa participation, quelques semaines plus tard, à un autre événement majestueux de la saison londonienne, lors duquel elle fit la connaissance de Charles Babbage, veuf, quarante et un ans, sommité

de la science et des mathématiques devenue une étape incontournable du circuit mondain de la capitale. « Ada a plus apprécié la soirée à laquelle elle était mercredi que n'importe quel autre des assemblages du *grand monde*, écrivit sa mère à un ami. Elle y a rencontré quelques scientifiques – dont Babbage, qui l'a enchantée². »

Les revigorants salons hebdomadaires de Babbage, qui comprenaient jusqu'à trois cents invités, mêlaient des lords en habit à queue-de-pie et des dames en robes de brocart à des écrivains, des industriels, des poètes, des comédiens, des hommes d'État, des explorateurs, des botanistes et autres « scientifiques », terme que les amis de Babbage avaient récemment créé³. En introduisant des érudits scientifiques dans ce royaume d'excellence, disait un célèbre géologue, Babbage « affirma avec succès le rang dû à la science dans la société⁴ ».

Ces soirées proposaient des danses, des lectures, des jeux et des conférences accompagnés d'un assortiment de fruits de mer, de viandes, de gibier, de boissons exotiques et de desserts glacés. Les dames se mettaient en scène dans des *tableaux vivants*, costumées pour reconstituer des peintures célèbres. Des astronomes installaient des lunettes, des chercheurs exhibaient leurs dispositifs électriques et magnétiques, et Babbage autorisait des invités à jouer avec ses poupées mécaniques. Le clou de ces soirées – et l'une des nombreuses raisons qu'avait Babbage de les organiser – était sa démonstration d'une portion modèle de sa « machine à différences », gigantesque dispositif de calcul mécanique, dont l'original était en construction dans les ateliers du réputé mécanicien Joseph Clement, à Southwark, à l'autre bout de Londres, mais qu'il projetait de faire transférer dans une salle ignifugée des communs attenant à sa résidence. Babbage procédait d'une manière spectaculaire : il tournait la manivelle du modèle qui calculait une séquence de nombres puis, juste au moment où son public commençait à se lasser, il montrait comment la séquence pouvait changer brusquement à la suite d'instructions codées transmises à la machine⁵.

La machine à différences de Babbage, capable de résoudre des équations polynomiales, impressionnait différemment les gens. Le duc de Wellington estimait qu'elle pourrait servir à analyser les variables auxquelles un général aurait à faire face avant d'engager une bataille⁶. La mère d'Ada, lady Byron, émerveillée, parla d'une « machine pensante ». Quant à Ada, qui dans une remarque célèbre dirait plus tard que les machines ne pourraient jamais véritablement *penser*, un ami qui s'était rendu avec elles à la démonstration rapporta que « Mlle Byron, jeune comme elle l'était, en comprit le fonctionnement et aperçut la *grande beauté* de l'invention⁷ ».

L'amour qu'éprouvait Ada à la fois pour la poésie et les mathématiques la préparait à voir de la beauté dans une machine à calculer. Elle était représentative de l'ère de la science romantique, qui se caractérisait par un enthousiasme lyrique pour l'invention et la découverte – une époque qui introduisit « l'intensité et la passion imaginatives dans le travail scientifique, écrit Richard Holmes dans *L'Ère de l'émerveillement*. Elle était impulsée par un idéal commun, l'engagement personnel intense et même téméraire dans la découverte⁸. »

Bref, une époque pas trop différente de la nôtre. Les avancées de la Révolution industrielle, notamment la machine à vapeur, le métier à tisser mécanique et le télégraphe, ont transformé le XIX^e siècle à peu près de la même manière que les avancées de la révolution numérique – l'ordinateur, la puce électronique et Internet – ont transformé la nôtre. Au cœur de ces deux ères se trouvaient des innovateurs combinant l'imagination et la passion avec une technologie étonnante, mélange qui produisit la science poétique d'Ada et ce que le poète du XX^e siècle Richard Brautigan appellerait « des machines de grâce aimante ».

Lord Byron

Si Ada hérita de son père son tempérament poétique et insoumis, il ne fut pas à l'origine de son amour des machines. C'était en fait un luddite. Dans son tout premier discours à la Chambre des lords, prononcé en février 1812 quand il avait vingt-quatre ans, Byron défendit les disciples de Ned Ludd, qui se déchaînaient contre les métiers à tisser mécaniques. Avec un mépris sarcastique, il railla les tentatives des propriétaires de filatures de Nottingham pour imposer une loi qui ferait de la destruction des métiers automatisés un crime punissable de la peine capitale. « Ces machines étaient pour eux un avantage, dans la mesure où elles rendaient caduque la nécessité d'employer un certain nombre d'ouvriers, qui furent en conséquence condamnés à mourir de faim, déclara Byron. Les ouvriers rejetés, dans l'aveuglement de leur ignorance, au lieu de se réjouir de ces améliorations des arts si bénéfiques pour l'humanité, s'imaginèrent qu'ils étaient sacrifiés pour des améliorations mécaniques. »

Deux semaines plus tard, Byron publiait les deux premiers chants de son poème épique *Le Pèlerinage de Childe Harold*, récit romancé de ses pérégrinations au Portugal, à Malte et en Grèce, et, comme il le nota plus tard : « Un matin je m'éveillai et me découvris célèbre. » Beau,

séduisant, troublé, morose, et sexuellement aventureux, il vivait la vie d'un héros byronien tout en en créant l'archétype dans sa poésie. Il devint la coqueluche du Londres littéraire, fêté dans trois réceptions par jour, dont on a surtout retenu un somptueux bal du matin donné par lady Caroline Lamb.

Lady Caroline, bien que mariée à un aristocrate politiquement puissant qui deviendrait plus tard Premier ministre, tomba follement amoureuse de Byron. Même s'il estimait qu'elle était « trop maigre », elle affichait une ambiguïté sexuelle non conformiste (elle aimait s'habiller en page) qu'il trouvait attirante. Ils eurent une liaison tumultueuse et, quand elle fut terminée, lady Caroline ne cessa de le poursuivre de ses assiduités obsessionnelles. Dans une déclaration célèbre, elle le traita de « fou, méchant, et dangereux pour qui voulait le connaître ». Certes, il l'était, mais elle l'était aussi.

À la réception donnée par lady Caroline, lord Byron avait également remarqué une jeune femme qui était, se souvint-il, « habillée plus simplement ». Anne Isabella (« Annabella ») Milbanke, dix-neuf ans, était d'une famille aisée riche en titres nobiliaires. La veille, elle avait lu *Childe Harold* et avait des sentiments mitigés envers le poète. « Je le trouve trop maniéré, écrivait-elle. Il excelle surtout dans la description des sentiments profonds. » Quand elle l'aperçut de l'autre côté de la salle lors de la réception, ses sentiments devinrent dangereusement contradictoires. « Je n'ai pas cherché à lui être présentée, car toutes les femmes lui faisaient une cour absurde et essayaient de mériter le fouet de sa satire, écrivait-elle à sa mère. Je ne désire pas avoir ma place dans ses poèmes. Je n'ai fait nulle offrande au sanctuaire de Childe Harold, mais je ne refuserai pas de faire sa connaissance si j'en ai l'occasion⁹. »

Il se trouva qu'elle en eut l'occasion. Après lui avoir été présenté dans les formes, Byron décida qu'elle pourrait peut-être faire une épouse convenable. C'était pour lui une rare manifestation de la raison triomphant du romantisme. Plutôt qu'attiser ses passions, elle semblait être le type de femme qui puisse dompter lesdites passions et le protéger de ses propres excès – et en même temps l'aider à rembourser ses lourdes dettes. Il lui proposa le mariage sans conviction, par lettre. Elle eut le bon sens de refuser. Il se risqua alors dans d'autres liaisons, moins convenables, dont une avec sa demi-sœur, Augusta Leigh. Mais au bout d'un an, Annabella déclencha à nouveau sa cour. Byron, qui s'enfonçait de plus en plus dans les dettes tout en cherchant un moyen de brider ses enthousiasmes, vit la logique – à défaut du romantisme – de la possibilité d'une telle relation. « Seul le mariage et surtout un mariage express peut me sauver, avoua-t-il à la tante d'Annabella. Si votre nièce peut s'obtenir, c'est à elle que je devrais donner la

préférence ; sinon, à la toute première femme qui ne me donne pas l'impression de vouloir me cracher à la figure¹⁰. » Il y avait des moments où Byron n'était pas romantique. Annabella et lui se marièrent en janvier 1815.

Byron inaugura le mariage à sa manière très byronienne. « J'ai eu lady Byron sur le sofa avant le dîner », écrivit-il à propos du jour de ses noces¹¹. Leur relation était encore active quand ils rendirent visite à sa demi-sœur deux mois plus tard, car c'est à peu près à ce moment qu'Annabella tomba enceinte. Toutefois, pendant cette visite, elle commença à soupçonner que l'amitié de son mari avec Augusta allait au-delà du fraternel, surtout quand il se fut allongé sur un sofa et leur eut demandé à toutes les deux de l'embrasser à tour de rôle¹². Le nœud matrimonial commença à se défaire.

Annabella avait reçu des leçons de mathématiques, ce qui amusait lord Byron, et à l'époque où il lui faisait la cour il avait plaisanté sur le mépris qu'il avait pour l'exactitude des nombres. « Je sais que deux et deux font quatre – et je serais heureux de le démontrer si je le pouvais, écrivait-il. Mais il me faut avouer que si par un processus quelconque je pouvais convertir deux et deux en cinq, cela me donnerait un plaisir bien plus grand. » Assez vite, il l'avait surnommée la « Princesse des parallélogrammes ». Mais lorsque le mariage tourna au vinaigre, il affina cette image géométrique : « Nous sommes deux lignes parallèles prolongées jusqu'à l'infini côte à côte sans jamais se rencontrer. » Plus tard, dans le premier chant de son poème épique *Don Juan*, il se moquerait d'elle : « Les mathématiques étaient sa science de prédilection [...] c'était une arithmétique ambulante. »

Le mariage ne fut pas sauvé par la naissance de leur fille, le 10 décembre 1815. Elle fut nommée Augusta Ada Byron, son premier prénom étant celui de la demi-sœur trop bien aimée de Byron. Lorsque lady Byron fut convaincue de la perfidie de son époux, elle appela désormais sa fille par son deuxième prénom. Cinq semaines plus tard, elle entassa ses affaires dans une voiture et s'enfuit pour gagner la résidence de campagne de ses parents avec la petite Ada.

Ada ne revit jamais son père. Lord Byron quitta l'Angleterre en avril 1816, quand lady Byron, dans des lettres tellement calculatrices qu'elles lui vaudraient le surnom de « Médée mathématique », eut menacé de révéler les liaisons incestueuses et homosexuelles qu'on lui attribuait comme moyen d'assurer une séparation à l'amiable qui lui donnerait la garde de leur enfant¹³.

Dans les premiers vers du chant III de *Childe Harold*, écrit quelques semaines plus tard, il invoque Ada comme sa muse :

Tes traits ressemblent-ils à ceux de ta mère, ma belle enfant ?
Ada ! fille unique de ma maison et de mon cœur !
La dernière fois que j'ai vu le bleu de tes jeunes yeux,
ils m'ont souri,
Et nous nous sommes quittés.

Byron écrivit ces vers dans une villa sur les bords du lac Léman, où il séjournait avec le poète Percy Bysshe Shelley et la future épouse de celui-ci, Mary. Il pleuvait sans discontinuer. Puisqu'ils étaient condamnés à rester cloîtrés pendant des jours, Byron suggéra qu'ils écrivent des récits d'épouvante. Il produisit un embryon d'histoire de vampire, l'un des premiers efforts littéraires sur ce sujet, mais c'est le récit de Mary Shelley qui deviendrait un classique : *Frankenstein, ou le Prométhée moderne*. Se référant au mythe grec antique du héros qui façonna un homme à partir de l'argile et déroba le feu aux dieux pour le donner aux humains, *Frankenstein* était l'histoire d'un savant qui avait littéralement électrisé une créature de sa fabrication pour en faire un humain doué de pensée. C'était un récit à valeur d'avertissement sur la technologie et la science. Il soulevait aussi la question qu'on associerait plus tard à Ada Lovelace : les machines créées par l'homme pourront-elles jamais penser ?

Le chant III de *Childe Harold* se termine sur la conviction prémonitoire de Byron qu'Annabella essaierait d'empêcher Ada de connaître l'existence de son père, et c'est ce qui se passa. Il y avait un portrait de lord Byron dans leur demeure, mais lady Byron le maintenait hermétiquement voilé et Ada le découvrit pour la première fois à vingt ans¹⁴.

Lord Byron, en revanche, conservait une image d'Ada sur son bureau où qu'il allât dans ses voyages, et ses lettres exigeaient souvent des nouvelles ou des portraits d'elle. Quand elle eut sept ans, il écrivit à Augusta : « Je voudrais que vous puissiez obtenir de lady B. quelques détails du caractère d'Ada [...] Est-elle imaginative ? Est-elle passionnée ? J'espère que les dieux l'ont faite tout sauf *poétique* – il suffit qu'il y ait un fou dans la famille. » Lady Byron lui fit savoir que l'imagination d'Ada « s'exerçait principalement en liaison avec son ingéniosité mécanique¹⁵ ».

C'est alors que Byron, qui parcourait l'Italie sans cesser d'écrire ni d'avoir tout un assortiment de liaisons, se lassa et décida de s'enrôler aux côtés des Grecs contre l'Empire ottoman dans leur lutte pour l'indépendance. Il s'embarqua pour Missolonghi, où il prit le commandement d'une partie de l'armée rebelle et se prépara à attaquer une forteresse turque. Mais avant qu'il ne puisse s'engager dans la bataille, il contracta une violente fièvre, qu'aggrava la décision

de son médecin de le traiter par des saignées. Le 19 avril 1824, il mourut. D'après son domestique, il expira en disant, entre autres : « Oh, ma pauvre chère enfant ! ma chère Ada ! Mon Dieu, si j'avais pu la voir ! Donnez-lui ma bénédiction¹⁶. »

Ada

Lady Byron voulait s'assurer qu'Ada ne devienne pas comme son père, et une partie de sa stratégie consista à lui imposer l'étude rigoureuse des mathématiques, comme si c'était là l'antidote de l'imagination poétique. Lorsqu'Ada, à cinq ans, exprima sa préférence pour la géographie, lady Byron ordonna que cette matière soit remplacée par des leçons d'arithmétique supplémentaires, et sa gouvernante ne tarda pas à signaler fièrement : « Elle effectue avec exactitude des additions à cinq ou six chiffres. » Malgré ces efforts, Ada développa certains des penchants de son père. Elle eut une liaison, encore jeune adolescente, avec un de ses précepteurs, et lorsqu'ils furent surpris et que le précepteur fut renvoyé, elle essaya de fuguer pour le rejoindre. En outre, elle avait des sautes d'humeur qui la faisaient passer du grandiose au désespoir, et elle souffrait de diverses maladies tant physiques que psychologiques.

Ada accepta la conviction de sa mère qu'une immersion dans les mathématiques pourrait contribuer à dompter ses tendances byroniennes. Après sa dangereuse liaison avec le précepteur, et inspirée par la machine à différences de Babbage, elle décida de son propre chef, à dix-huit ans, de commencer une nouvelle série de leçons. « Il me faut cesser de penser à vivre pour le plaisir ou la satisfaction personnelle, écrivait-elle à son nouveau précepteur. Je trouve que seule une application très étroite et intense dans des matières de nature scientifique semble maintenant empêcher mon imagination de divaguer [...] Personnellement, j'estime que la première étape serait de prendre un cours de Mathématiques. » Le précepteur approuva cette prescription : « Vous avez raison de supposer qu'à présent votre principale ressource et sauvegarde réside dans une étude intellectuelle stricte. À cet effet il n'y a aucune matière qui puisse se comparer aux Mathématiques¹⁷. » Il lui prescrivit la géométrie euclidienne, suivie d'une dose de trigonométrie et d'algèbre. De quoi guérir quiconque souffre d'un excès de passions artistiques ou romantiques, pensaient-ils tous les deux.

L'intérêt d'Ada pour la technologie fut attisé lorsque sa mère l'emmena en voyage dans les Midlands, le cœur industriel de la Grande-Bretagne, pour lui montrer les nouvelles usines et machines. Ada fut particulièrement impressionnée par un métier à tisser

automatisé qui utilisait des cartes perforées pour diriger la création des motifs choisis sur le tissu, et dessina un croquis de son fonctionnement. Dans son célèbre discours à la Chambre des lords, son père avait soutenu les luddites qui mettaient en pièces de tels métiers parce qu'ils craignaient ce que la technologie risquait d'infliger à l'humanité. Mais Ada trouva des accents poétiques pour les défendre et aperçut le rapport avec ce qu'on appellerait un jour des ordinateurs : « Ces machines me rappellent Babbage et son joyau de tous les mécanismes¹⁸. »

Son intérêt pour les sciences appliquées fut à nouveau stimulé lorsqu'elle rencontra l'une des rares mathématiciennes et femmes de science britanniques de quelque renom, Mary Somerville. Celle-ci venait de terminer la rédaction d'un de ses ouvrages majeurs, *De la connexion des sciences physiques*, dans lequel elle associait des développements en astronomie, optique, électricité, chimie, physique, botanique et géologie^{*1}. Ouvrage emblématique de l'époque, il présentait un panorama unifié des extraordinaires activités de découverte alors en cours. Dans la première phrase, elle proclamait : « Le progrès de la science moderne, surtout depuis les cinq dernières années, est remarquable pour sa tendance à simplifier les lois de la nature et à unifier par des principes généraux des domaines séparés. »

Mary Somerville devint l'amie, l'enseignante, l'inspiratrice et la conseillère d'Ada. Elle la rencontrait régulièrement, lui envoyait des ouvrages de mathématiques, concevait des problèmes à lui faire résoudre et lui expliquait patiemment les réponses exactes. Elle était aussi amie avec Babbage, et pendant l'automne 1834 Ada et elle participaient souvent à ses salons du samedi soir. Le fils de Mary, Woronzow Greig, soutint les efforts d'Ada pour se stabiliser en suggérant à l'un de ses anciens condisciples de Cambridge qu'elle ferait une épouse convenable – ou, du moins, intéressante.

William King était un homme en vue, financièrement à l'aise, discrètement intelligent, et aussi taciturne qu'Ada était émotive. Comme elle, il étudiait les sciences, mais son dessein était d'un ordre plus pratique et moins poétique : il s'intéressait principalement aux théories de l'assolement et aux avancées dans le domaine des méthodes de reproduction du bétail. Il proposa le mariage à Ada quelques semaines seulement après avoir fait sa connaissance, et elle accepta. La mère d'Ada, pour des motivations que seul un psychiatre pourrait sonder, jugea indispensable d'informer William de la tentative de fugue d'Ada avec son précepteur. Nonobstant cette information, William demeura disposé à concrétiser le projet du

mariage, qui eut lieu en juillet 1835. « Notre doux Seigneur, qui vous a miséricordieusement donné une occasion de vous détourner des chemins dangereux, vous a offert un ami et un protecteur », écrivit lady Byron à sa fille, en ajoutant qu'elle devrait profiter de cette occasion pour « dire adieu » à toutes ses « bizarreries, extravagances et égolâtries¹⁹ ».

Le mariage fut régi par le calcul rationnel. Il donnait à Ada une chance d'adopter une vie plus régulière et mieux fondée. Plus important encore, il lui permettait d'échapper à sa dépendance d'une mère dominante. Et il donnait à William une épouse fascinante et excentrique née dans une famille riche et célèbre.

Le cousin au premier degré de lady Byron, le vicomte Melbourne (qui avait la malchance d'avoir été marié à lady Caroline Lamb, décédée depuis), était le Premier ministre. Il s'arrangea pour que, dans la liste des honneurs publiée lors du couronnement de la reine Victoria, William soit promu comte Lovelace. En vertu de quoi son épouse devint Ada, comtesse Lovelace. Elle est donc correctement appelée lady Lovelace, bien qu'elle soit désormais communément connue sous le nom d'Ada Lovelace.

À Noël 1835, Ada reçut de sa mère le célèbre portrait grandeur nature de son père. Peint par Thomas Phillips, il montrait un lord Byron romantique, de profil, contemplant l'horizon, vêtu du costume albanais traditionnel – veste en velours rouge, épée d'apparat et coiffe. Il était resté accroché pendant des années au-dessus de la cheminée chez les grands-parents d'Ada, dissimulé sous un voile de tissu vert depuis le jour où ses parents s'étaient séparés. Elle avait désormais le droit non seulement de le voir, mais d'en avoir la propriété, avec l'encrier et la plume de son père.

Sa mère fit une chose encore plus surprenante lorsque le premier enfant des Lovelace, un garçon, naquit quelques mois plus tard. Malgré le mépris qu'elle affichait pour la mémoire de feu son époux, elle accepta qu'Ada donne à son fils le prénom de Byron. L'année suivante, Ada eut une fille, qu'elle nomma obligeamment Annabella, en hommage à sa mère. Elle contracta alors une maladie mystérieuse – une de plus – qui l'obligea à s'aliter pendant des mois. Elle se remit suffisamment pour avoir un troisième enfant, un garçon prénommé Ralph, mais sa santé demeura fragile. Elle avait des problèmes digestifs et respiratoires aggravés par des traitements à base de laudanum, de morphine et d'autres dérivés de l'opium, ce qui suscitait des sautes d'humeur et, parfois, des hallucinations.

Ada fut de surcroît perturbée par l'irruption dans sa vie d'une tragédie personnelle qui était bizarre même à l'aune des normes de la

famille Byron. Elle concernait Medora Leigh, la fille de la demi-sœur et amante occasionnelle de Byron. D'après des rumeurs généralement admises, Medora était la fille de Byron. Elle semblait déterminée à prouver que l'aberration était héréditaire. Elle eut une liaison avec le mari d'une de ses sœurs, puis s'enfuit avec lui en France et eut deux enfants illégitimes. Dans un accès de pharisaïsme, lady Byron se déplaça en France pour secourir Medora puis révéla à Ada l'inceste paternel.

Cette « histoire des plus étranges et des plus terribles » ne sembla pas surprendre Ada. « Je ne suis pas le moins du monde étonnée, écrivit-elle à sa mère. Vous ne faites que confirmer ce dont je n'ai guère douté pendant bien des années²⁰. » Loin d'être scandalisée, elle semblait bizarrement électrisée par cette nouvelle. Elle déclara qu'elle pouvait comprendre le mépris de son père envers l'autorité. À propos de son « génie mal employé », elle écrivit à sa mère : « S'il m'a transmis la moindre portion de ce génie, je l'emploierai à révéler de grands principes, de grandes vérités. Je pense qu'il m'a légué cette mission. Je le ressens fortement, et j'y associe un certain plaisir²¹. »

Une fois de plus, Ada se mit à l'étude des mathématiques afin de retrouver son équilibre et essaya de persuader Babbage de devenir son professeur : « Je ne suis pas une élève ordinaire, et je pense que j'ai pour réussir besoin d'un enseignant peu ordinaire. » Que ce soit à cause des opiacés, de son éducation, ou des deux, elle avait développé une opinion quelque peu démesurée de ses talents et commença à se prendre pour un génie. Dans sa lettre à Babbage, elle écrivait : « Je ne veux pas passer pour prétentieuse, mais je crois que j'ai le pouvoir d'aller aussi loin que je le veux dans de telles recherches, et même, là où il y a un goût aussi prononcé – une passion, devrais-je presque dire – que celui que j'ai pour elles, je me demande s'il n'y a pas toujours une portion non négligeable de génie naturel²². »

Babbage esquiva la requête d'Ada, ce qui était probablement sage de sa part. Cela préserva leur amitié pour une collaboration encore plus importante, et elle réussit à s'assurer les services d'un professeur de mathématiques hors pair : Augustus De Morgan, un gentleman patient qui faisait œuvre de pionnier dans le domaine de la logique symbolique. Il avait exposé un concept dont Ada se servirait un jour de manière très significative, à savoir qu'une équation algébrique pouvait s'appliquer à d'autres choses que des nombres. Les relations entre des symboles (par exemple, $a + b = b + a$) pouvaient faire partie d'une logique appliquée à des objets non numériques.

Ada ne fut jamais la grande mathématicienne mise en avant par ses admirateurs, mais elle fut une élève avide, capable d'appréhender la

plupart des concepts fondamentaux du calcul intégral, et sa sensibilité artistique lui permettait de se représenter les courbes et trajectoires changeantes que décrivaient les équations. De Morgan l'encouragea à se concentrer sur les règles gouvernant la résolution des équations, mais elle était plus portée à débattre des concepts sous-jacents. De même, en géométrie, elle exigeait souvent des procédés visuels pour se représenter des problèmes, par exemple comment les intersections de cercles dans une sphère la partagent en diverses formes.

L'aptitude d'Ada à apprécier la beauté des mathématiques est un don qui échappe à bien des gens, y compris certains qui se prennent pour des intellectuels. Elle se rendait compte que les mathématiques étaient un langage élégant, capable de décrire les harmonies de l'univers, et, parfois, d'être poétique. Malgré les efforts de sa mère, elle demeura la fille de son père, douée d'une sensibilité poétique lui permettant de considérer une équation comme un coup de pinceau qui peignait un aspect de la splendeur physique de la nature, tout comme elle pouvait se représenter la « mer couleur de vin » d'Homère ou une femme qui « marche en beauté, telle la nuit » de Byron. Mais l'attrait des mathématiques était encore plus profond : il était d'ordre spirituel. Les mathématiques, disait-elle, « constituent le seul langage par l'entremise duquel nous puissions correctement exprimer les grandioses réalités du monde naturel » et elles nous permettent de décrire « les changements dans les relations mutuelles » qui se déploient dans la création. Elles sont « l'instrument grâce auquel le faible esprit de l'homme peut le plus efficacement déchiffrer les œuvres du Créateur ».

Cette aptitude à appliquer l'imagination à la science caractérisa la Révolution industrielle tout comme la révolution informatique, dont Ada deviendrait la sainte patronne. Elle était capable, comme elle le disait à Babbage, d'appréhender le rapport entre la poésie et l'analyse mathématique selon des modes qui transcendaient les talents de son père : « Je ne crois pas que mon père soit (ou puisse jamais avoir été) aussi poète que je suis analyste ; car chez moi l'un et l'autre vont indissolublement de concert²³. »

Son engagement renouvelé dans les mathématiques, confia-t-elle à sa mère, stimula sa créativité et conduisit à un « immense développement de l'*imagination*, à un point tel que si je continue mes études je ne doute pas qu'à terme je devienne *poète*²⁴ ». Tout le concept de l'imagination, surtout appliqué à la technologie, ne laissait pas de l'intriguer. « Qu'est-ce que l'imagination ? se demandait-elle dans un essai de 1841. C'est la faculté combinatoire. Elle rassemble des choses, des faits, des idées, des conceptions en des combinaisons nouvelles, originales, infinies, sans cesse changeantes [...] C'est cela

qui pénètre dans les mondes invisibles qui nous entourent, les mondes de la Science²⁵. »

À ce moment-là, Ada croyait déjà posséder des facultés particulières, voire surnaturelles, ce qu'elle appelait « une perception intuitive des choses cachées ». La surestimation de ses propres talents l'amena à suivre des aspirations inhabituelles pour une aristocrate et mère de famille du début de l'époque victorienne. « Je crois posséder une combinaison des plus singulières de qualités exactement taillées pour faire essentiellement de moi une découvreuse des réalités cachées de la nature, expliquait-elle dans une lettre à sa mère en 1841. Je peux projeter des rayons issus de tous les confins de l'univers en une vaste et unique focalisation²⁶. »

C'est dans cet état d'esprit qu'elle décida de reprendre contact avec Charles Babbage, dont elle avait fréquenté les salons pour la première fois huit ans plus tôt.

Charles Babbage et ses machines

Depuis son plus jeune âge, Charles Babbage s'intéressait aux machines qui pouvaient accomplir des tâches humaines. Quand il était enfant, sa mère l'emmenait dans les nombreux musées des merveilles et salles d'exposition qui se multipliaient à Londres au début des années 1800. Dans un établissement de Hanover Square, le propriétaire, qui se faisait appeler Merlin, comme l'enchanteur, l'invita dans un atelier sous les combles qui recelait une gamme variée de poupées mécaniques, qualifiées d'« automates ». L'une était une danseuse en argent, d'une trentaine de centimètres de haut, dont les bras bougeaient avec grâce et qui tenait dans sa main un oiseau capable d'agiter la queue, de battre des ailes et d'ouvrir le bec. L'aptitude de la Silver Lady à manifester des sentiments et une personnalité impressionna le jeune garçon. « Elle avait des yeux pleins d'imagination », se souvint-il. Bien des années plus tard, il découvrit la Silver Lady dans une vente aux enchères à la suite d'une faillite et l'acheta. Elle lui servait d'attraction pour amuser les invités des salons du soir où il célébrait les merveilles de la technologie.

À Cambridge, Babbage se lia d'amitié avec un groupe d'étudiants, dont John Herschel et George Peacock. Déçus par la manière dont on leur enseignait les mathématiques, ils formèrent un club, appelé la Société analytique, qui faisait campagne pour obliger l'université à abandonner la notation du calcul infinitésimal conçue par son ancien étudiant Newton, qui utilisait des points, et à la remplacer par celle de Leibniz, qui utilisait dx et dy pour représenter les incréments

infinitésimaux et était donc connue sous le nom de notation « en d ». Babbage intitula leur manifeste « Les principes du D-isme pur en opposition au Gât-isme de l'université²⁷ ». Il était susceptible, mais avait un solide sens de l'humour.

Un jour, Babbage se trouvait dans la salle de la Société analytique en train de travailler sur une table de logarithmes bourrée d'erreurs. Herschel lui demanda ce qu'il pensait. « Plût à Dieu que ces calculs eussent été exécutés par la vapeur ! » soupira Babbage. À cette suggestion d'une méthode mécanique pour compiler les tables de logarithmes, Herschel répondit : « C'est tout à fait possible²⁸. » En 1821, Babbage s'intéressa à la construction d'un tel mécanisme.

Au fil des années, nombreux étaient ceux qui s'étaient attelés plus ou moins sérieusement à la fabrication de dispositifs de calcul. Dans les années 1640, le mathématicien et philosophe français Blaise Pascal avait créé une machine arithmétique mécanique pour réduire la charge de travail répétitif imposée à son père, contrôleur des impôts. Elle comportait des rouages métalliques à rayons avec les chiffres de 0 à 9 gravés sur leur circonférence. Pour ajouter ou soustraire, l'opérateur se servait d'un stylet pour composer un nombre, comme sur un téléphone à cadran, puis composait le nombre suivant ; une armature reportait ou retenait un 1 chaque fois que c'était nécessaire. Ce fut la première calculatrice à être brevetée et commercialisée.

Trente ans plus tard, le mathématicien et philosophe allemand Gottfried Leibniz essaya d'améliorer le dispositif de Pascal avec une « calculatrice pas à pas » qui pouvait aussi multiplier et diviser. Elle comportait un tambour, actionné par une manivelle, dont les cannelures inégales venaient au contact des roues de comptage. Mais Leibniz se heurta à un problème qui deviendrait un thème récurrent de l'ère numérique. Contrairement à Pascal, habile ingénieur qui combinait des théories scientifiques avec le génie mécanique, Leibniz n'avait guère de compétences en ingénierie et ne s'entourait pas de gens qui en auraient eu. Aussi, comme beaucoup de grands théoriciens qui manquèrent de collaborateurs au niveau pratique, ne put-il produire de versions fonctionnelles fiables de sa machine. Néanmoins, son concept central, dit « cylindre de Leibniz », influencerait la conception des calculatrices jusqu'à l'époque de Babbage et au-delà.

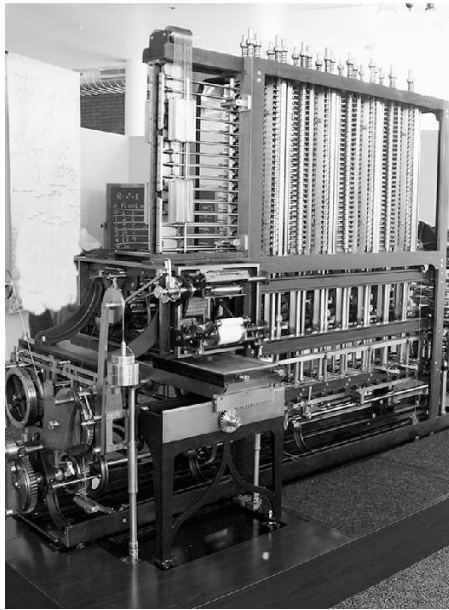
Babbage connaissait l'existence des machines de Pascal et de Leibniz, mais il essayait de faire quelque chose de plus complexe. Il voulait élaborer une méthode mécanique pour calculer logarithmes, sinus, cosinus et tangentes^{*2}. Pour ce faire, il adapta une idée que le mathématicien français Gaspard de Prony avait trouvée dans les

années 1790. Afin de créer des tables logarithmiques et trigonométriques, Prony décomposa les opérations en étapes très simples mettant en œuvre uniquement l'addition et la soustraction. Il fournit ensuite des instructions sommaires de façon que des dizaines de travailleurs humains peu versés en mathématiques puissent accomplir ces tâches faciles et transmettre leurs réponses à un nouvel ensemble d'exécutants. Autrement dit, Prony avait reproduit une chaîne de montage, cette grande innovation de l'ère industrielle qui fut analysée de manière mémorable par Adam Smith dans sa description de la division du travail dans une manufacture d'épingles. Après un voyage à Paris lors duquel il entendit parler de la méthode de Prony, Babbage écrivit : « Je conçus tout à coup l'idée d'appliquer la même méthode à l'immense tâche qui m'accablait et de fabriquer des logarithmes comme on fabrique des épingles²⁹. »

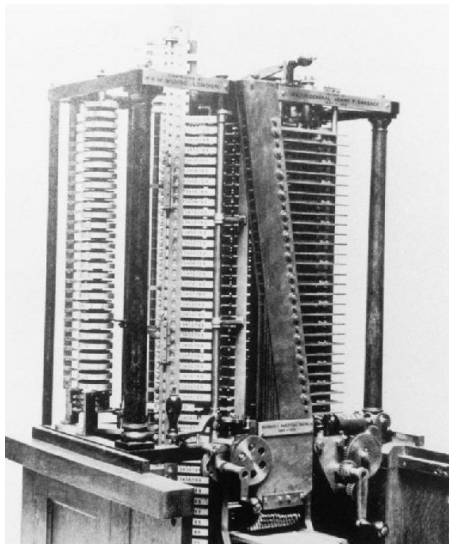
Babbage comprit que même des processus mathématiques complexes pouvaient se décomposer en étapes qui se ramenaient à calculer des « différences finies » avec de simples additions et soustractions. Par exemple, pour faire une table de carrés $- 1^2, 2^2, 3^2, 4^2$ et ainsi de suite –, on pouvait écrire les nombres initiaux comme la suite 1, 4, 9, 16... Ce serait la colonne A. À côté, dans la colonne B, on pouvait calculer les différences entre chacun de ces nombres, ici 3, 5, 7, 9... La colonne C donnerait la différence entre chacun des nombres de la colonne B, soit 2, 2, 2, 2... Une fois le processus ainsi simplifié, il pouvait être inversé et les tâches allouées à des « ouvriers » sans formation particulière. L'un serait chargé d'ajouter 2 au dernier nombre de la colonne B, ensuite il remettrait ce résultat à une autre personne, qui l'ajouterait au dernier nombre de la colonne A, générant ainsi le nombre suivant dans la séquence de carrés.

Babbage conçut un moyen de mécaniser ce processus, qu'il appela *Difference Engine* – « machine à différences ». Elle pouvait calculer n'importe quelle fonction polynomiale et fournir une méthode numérique pour trouver une solution approchée aux équations différentielles.

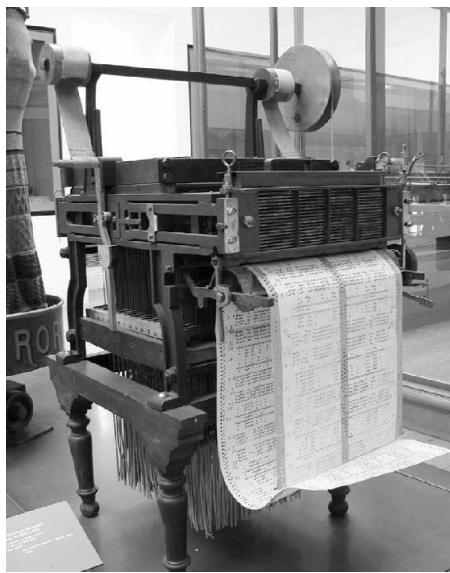
Comment fonctionnait-elle ? La machine à différences utilisait des axes verticaux munis de disques portant des chiffres gravés sur la tranche. Ces disques étaient attachés à des rouages qu'on tournait avec une manivelle afin d'ajouter le chiffre en question (ou de le soustraire) au chiffre indiqué sur le disque d'un axe adjacent. La principale complexité consistait à « reporter » ou à « retenir » si nécessaire, comme nous le faisons au crayon quand nous calculons $36 + 19$ ou $42 - 17$. S'inspirant des machines de Pascal, Babbage trouva certaines solutions ingénieuses qui permettaient aux rouages et aux axes d'assurer le calcul.



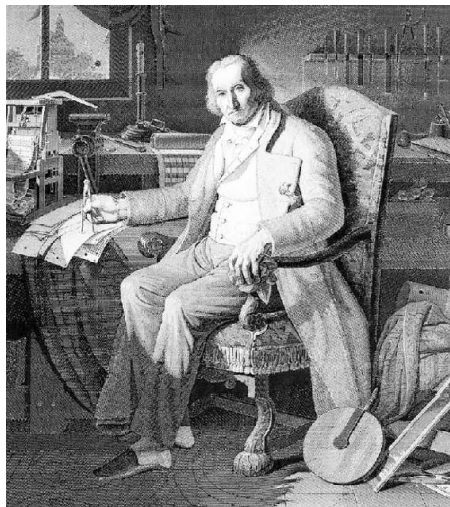
Réplique de la machine à différences.



Réplique de la machine analytique.



Le métier Jacquard.



Portrait sur soie de Joseph-Marie Jacquard (1752-1834), tissé par un métier Jacquard.

Cette machine était théoriquement une authentique merveille. Babbage imagina même un moyen de lui faire produire une table des nombres premiers jusqu'à 10 millions. Le gouvernement britannique fut impressionné, du moins au début. En 1823, il lui versa une mise de fonds de 1 700 livres sterling et engloutirait finalement dans la machine plus de 17 000 livres – deux fois le coût d'un navire de guerre – au cours de la décennie que Babbage passa à essayer de la construire. Mais le projet se heurta à deux problèmes. D'abord, si

Babbage et le mécanicien Joseph Clement qu'il avait engagé possédaient les compétences nécessaires pour faire fonctionner la machine, leurs ambitions divergentes et l'éloignement physique entre le domicile de Babbage et les ateliers de Clement retardaient sans cesse l'avancement des travaux³⁰. Ensuite, l'inventeur commença à rêver de quelque chose de mieux.

La nouvelle idée de Babbage, qu'il conçut en 1834, était une calculatrice généraliste capable d'exécuter une gamme variée d'opérations différentes à partir d'instructions de programmation qu'on lui donnerait. Elle pouvait accomplir une tâche, puis être commutée pour en accomplir une autre. Elle pouvait même s'obliger elle-même à changer de tâche – ou modifier « son schéma d'activité », comme l'expliqua Babbage –, sur la base de ses propres calculs intermédiaires. Babbage la baptisa *Analytic Engine* – « machine analytique ». Il avait cent ans d'avance sur son époque.

La machine analytique était le produit de ce qu'Ada Lovelace, dans son essai sur l'imagination, avait appelé la « faculté combinatoire ». À l'instar de nombreux grands inventeurs, Babbage avait combiné des innovations apparues dans d'autres domaines. Il avait initialement utilisé un tambour métallique muni de picots pour contrôler la rotation des axes. Mais il étudia ensuite, comme Ada l'avait fait, le métier automatisé qui fut inventé en 1810 par le Français Joseph-Marie Jacquard et qui transforma l'industrie du tissage de la soie. Les métiers créent un motif en utilisant des crochets qui soulèvent des fils de chaîne précisément choisis, puis une tige pousse un fil de trame sous la chaîne. Jacquard inventa une méthode de contrôle de ce processus utilisant des cartes dans lesquelles des trous avaient été percés. Ces trous déterminaient quels crochets et quelles tiges seraient activés à chaque passage de la navette, automatisant ainsi la création de motifs complexes. Chaque fois que la navette s'élançait pour tirer un nouveau fil, une nouvelle carte perforée entraînait en action.

Le 30 juin 1836, Babbage écrivit dans ce qu'il appelait ses « Carnets de brouillons » une annotation qui représenterait une étape décisive dans la préhistoire des ordinateurs : « Ai suggéré le métier Jacquard pour remplacer les tambours³¹. » Recourir à des cartes perforées plutôt qu'à des tambours en acier signifiait que des instructions en nombre illimité pouvaient être introduites. En outre, la séquence des tâches pouvait être modifiée, ce qui faciliterait la conception d'une machine multitâche, versatile et reprogrammable.

Babbage acheta un portrait de Jacquard et commença à l'exhiber dans ses salons. Il représentait l'inventeur assis dans un fauteuil, avec

un métier en arrière-plan, tenant un compas posé sur des cartes perforées rectangulaires. Babbage amusait ses invités en leur demandant de deviner de quoi il s'agissait. La plupart croyaient que c'était une superbe gravure. Il leur révélait alors que c'était en réalité une tapisserie en soie finement tissée, avec vingt-quatre mille rangées de fils, chacune contrôlée par une carte perforée différente. Lorsque le prince Albert, l'époux de la reine Victoria, vint à l'un des salons de Babbage, il lui demanda pourquoi il trouvait cette tapisserie si intéressante. Et Babbage répondit : « Elle contribuera grandement à expliquer la nature de ma calculatrice, la machine analytique³². »

Toutefois, bien peu de gens virent la beauté de la nouvelle machine proposée par Babbage et le gouvernement britannique n'était nullement porté à en financer la construction. En dépit de tous ses efforts, Babbage ne trouva guère d'échos ni dans la presse populaire ni dans les revues scientifiques.

Mais il trouva une convertie. Ada Lovelace appréhendait totalement le concept d'une machine généraliste. Plus important encore, elle envisageait un attribut qui pourrait la rendre véritablement stupéfiante : le potentiel de traiter non seulement des nombres, mais aussi des notations symboliques de quelque nature que ce soit – musicale et artistique, par exemple. Elle vit la poésie contenue dans pareille idée et entreprit d'encourager d'autres à la voir aussi.

Elle inonda Babbage de lettres, dont certaines frôlaient l'insolence, bien qu'il ait vingt-quatre ans de plus qu'elle. Dans l'une d'elles, elle décrit un jeu de solitaire à trente-six billes, où le but est d'exécuter des sauts jusqu'à ce qu'il ne reste qu'une seule bille. Elle avait maîtrisé la procédure, mais elle essayait de dériver « une formule mathématique [...] dont dépend la solution et qui peut être traduite en langage symbolique ». Puis elle demande : « Suis-je trop imaginative pour vous ? Je pense que non³³. »

Son objectif était de travailler avec Babbage comme sa publiciste et son associée dans ses efforts pour trouver des appuis lui permettant de construire sa machine analytique. « Je suis très impatiente de vous parler, lui écrivait-elle au début de 1841. Je vais vous donner un indice là-dessus. Je suis convaincue que dans un avenir plus ou moins proche [...] ma tête sera peut-être asservie par vous à certains de vos desseins et projets. Si c'est le cas, si jamais je peux être digne ou capable de vous être utile, ma tête vous appartiendra³⁴. »

Un an plus tard, une occasion sur mesure se présenta.

Les « Notes » de lady Lovelace

Dans sa recherche d'appuis pour sa machine analytique, Babbage avait accepté une invitation à faire un exposé devant le Congrès des scientifiques italiens à Turin. Un jeune ingénieur militaire italien, le capitaine Luigi Menabrea, qui serait plus tard Premier ministre, prenait des notes. Avec le concours de Babbage, Menabrea publia une description détaillée de la machine, en français, en octobre 1842.

Un ami d'Ada lui suggéra d'en produire une traduction anglaise pour les *Scientific Memoirs*, périodique consacré aux articles scientifiques. C'était pour elle l'occasion rêvée de servir Babbage et de montrer ses propres talents. Quand elle eut terminé, elle informa Babbage, qui fut charmé mais aussi quelque peu surpris : « Je lui demandai pourquoi elle n'avait pas elle-même écrit un article original sur un sujet dont elle avait une connaissance aussi intime³⁵. » Elle répondit que l'idée ne lui en était pas venue. En ce temps-là, les femmes ne publiaient en général pas d'articles scientifiques.

Babbage lui suggéra d'ajouter quelques notes au mémoire de Menabrea, projet qu'elle embrassa avec enthousiasme. Elle commença à travailler sur ces « Notes de la traductrice », qui totalisèrent finalement 19 136 mots, soit deux fois plus que la longueur de l'article initial de Menabrea. Signées « A.A.L. », pour Augusta Ada Lovelace, ses « Notes » devinrent plus célèbres que l'article. Elles étaient destinées à faire d'elle une figure iconique de l'histoire de l'informatique³⁶.

Tandis qu'elle rédigeait ces notes sur ses terres du Surrey durant l'été 1843, Babbage et elle échangèrent des dizaines de lettres ; à l'automne, ils se rencontrèrent de nombreuses fois quand elle eut regagné sa résidence londonienne. Une spécialité universitaire mineure et une polémique teintée de sexisme se sont agrégées autour de la question de savoir dans quelle mesure la pensée exprimée était celle d'Ada plutôt que celle de Babbage. Dans ses mémoires, Babbage lui attribue une grande part du mérite : « Nous avons débattu ensemble des différentes illustrations qui pouvaient être introduites ; j'en ai suggéré plusieurs, mais le choix lui en revint entièrement. Il en fut de même pour le traitement algébrique des différents problèmes, à l'exception, effectivement, de celui relatif aux nombres de Bernoulli, que j'avais proposé de résoudre afin d'épargner cette peine à lady Lovelace. Elle me le renvoya pour que j'y porte une correction, ayant détecté une grave erreur que j'avais commise dans le cours du calcul³⁷. »

Dans ses « Notes », Ada examinait trois concepts qui auraient une résonance historique un siècle plus tard lorsque naquit l'ordinateur. Le premier était celui d'une machine universelle, qui pouvait non

seulement exécuter une tâche présélectionnée, mais aussi être programmée et reprogrammée pour exécuter une série illimitée de tâches interchangeables. Autrement dit, elle envisageait l'ordinateur moderne. Ce concept était au centre de sa Note A, qui soulignait la distinction entre la machine à différences initiale de Babbage et son projet de machine analytique. « La fonction particulière dont la machine à *différences* était construite pour calculer l'intégrale est $\Delta^7 u_x = 0$ », commençait-elle en expliquant que le but de cette machine était l'établissement de tables nautiques. « La machine *analytique*, au contraire, n'est pas simplement apte au calcul des résultats d'une fonction particulière unique, mais à développer et à calculer toute fonction que ce soit. »

Ce qui se faisait, poursuivait-elle, par « l'introduction du principe que Jacquard avait conçu pour réguler, au moyen de cartes perforées, les motifs les plus compliqués dans la fabrication des étoffes de brocart ». Ada était encore plus consciente que Babbage de la signification de cette démarche, à savoir que la machine analytique pouvait être comme le type d'ordinateur que nous trouvons maintenant normal : une calculatrice qui n'est pas limitée à l'exécution d'une tâche arithmétique spécifique, mais peut être une machine universelle. Ce qu'elle expliquait ainsi :

« Les frontières de l'arithmétique furent franchies dès lors que vint l'idée d'employer des cartes. La machine analytique n'occupe pas un terrain commun avec de simples "machines à calculer". Elle occupe une position à nulle autre pareille. En permettant à un mécanisme de combiner ensemble des symboles *généraux*, en séquences d'une variété et d'une portée illimitées, un lien unitaire s'établit entre les opérations de la matière et les processus mentaux abstraits³⁸. »

La formulation de ces phrases est un peu tortueuse, mais elles valent la peine d'être relues de près, car elles décrivent l'essence des ordinateurs modernes. Et Ada égaya ce concept d'accents poétiques : « La machine analytique tisse des motifs algébriques tout comme le métier Jacquard tisse des fleurs et des feuilles. » Lorsque Babbage lut la Note A, il fut enthousiasmé et laissa le texte intact. « Ne changez rien, je vous en prie », dit-il³⁹.

Le deuxième concept intéressant d'Ada vient de cette description d'une machine généraliste. Elle se rendit compte que ses opérations n'avaient pas besoin de se limiter aux mathématiques et aux nombres. S'inspirant de l'extension de l'algèbre vers la logique symbolique prônée par De Morgan, elle releva qu'une machine telle que la

machine analytique pouvait enregistrer, manipuler, traiter et modifier tout ce qui pouvait s'exprimer par des symboles : la parole, la logique, la musique, etc.

Pour expliquer cette idée, elle définit soigneusement ce qu'était une opération. « Il peut être souhaitable d'expliquer que par le mot "opération" nous voulons dire tout processus qui modifie la relation mutuelle de deux ou plusieurs choses, quelle que soit cette relation. » Une opération effectuée par une calculatrice, relevait-elle, pouvait modifier la relation non seulement entre des nombres mais entre tous les symboles qui étaient logiquement apparentés. « Elle pourrait agir sur autre chose que des nombres, s'il se trouvait des objets dont les relations fondamentales mutuelles puissent s'exprimer par celles de la science abstraite des opérations. » Théoriquement, la machine analytique pouvait même exécuter des opérations sur des notations musicales : « À supposer par exemple que pareille expression et pareilles adaptations s'appliquent aux relations fondamentales des sons dans la science de l'harmonie et à celles de la composition musicale, la machine pourrait composer des morceaux de musique raffinés et scientifiques de n'importe quel degré de complexité. » C'était le sommet du concept de « science poétique » à la lady Lovelace : un morceau de musique raffiné et scientifique composé par une machine ! Son père en aurait frissonné.

Cette intuition allait devenir le concept central de l'ère numérique : n'importe quel contenu, n'importe quelles données ou informations – musique, images, nombres, symboles, sons, vidéo – pourraient être exprimés sous forme numérique et manipulés par des machines. Même Babbage n'en prit pas complètement conscience, tant il se concentrait sur les nombres. Mais Ada comprit que les chiffres sur la tranche des rouages pouvaient représenter autre chose que des quantités mathématiques. Ainsi accomplit-elle le saut conceptuel des machines qui étaient de simples calculatrices vers celles que nous appelons maintenant ordinateurs. Doron Swade, historien de l'informatique spécialisé dans l'étude des machines de Babbage, a déclaré que c'était là une partie de l'héritage historique d'Ada : « Si nous passons l'Histoire au peigne fin pour retrouver cette transition, alors cette transition a été explicitement accomplie par Ada dans son célèbre article de 1843⁴⁰. »

La troisième contribution d'Ada, dans sa Note G finale, a été de comprendre en détail, étape par étape, le fonctionnement de ce que nous appelons aujourd'hui un programme informatique ou un algorithme. L'exemple qu'elle utilisa était un programme pour calculer les nombres de Bernoulli^{*3}.

Pour montrer comment la machine analytique pouvait générer des nombres de Bernoulli, Ada décrivit une suite d'opérations puis fit un tableau présentant comment chacune serait introduite – encodée – dans la machine. Chemin faisant, elle contribua à élaborer les concepts de sous-programme (suite d'instructions qui exécute une tâche spécifique, comme le calcul d'un cosinus ou d'un intérêt composé, et qui peut être reprise par un programme plus vaste chaque fois que c'est nécessaire) et de boucle récursive (suite d'instructions qui se répète^{*4}). Sous-programmes et boucles récursives étaient rendus possibles par le mécanisme à cartes perforées. Soixante-quinze cartes étaient nécessaires pour générer chaque nombre, expliquait-elle ; ensuite le processus devenait itératif lorsque ce nombre était réintroduit pour générer le nombre suivant : « Il est évident que les mêmes soixante-quinze cartes variables peuvent être réutilisées pour le calcul de chaque nombre suivant. » Elle envisageait une bibliothèque de sous-programmes communément employés, idée que ses héritiers intellectuels, dont des femmes comme Grace Hopper à Harvard et Kay McNulty et Jean Jennings à l'université de Pennsylvanie, reprendraient un siècle plus tard. En outre, comme la machine analytique de Babbage autorisait des sauts bidirectionnels dans la suite de cartes perforées en réaction aux résultats intermédiaires qu'elle avait calculés, elle jetait les bases de ce que nous appelons aujourd'hui le branchement conditionnel – suivre une autre séquence d'instructions si certaines conditions sont réunies.

Babbage aida lady Lovelace à effectuer les calculs des nombres de Bernoulli, mais ses lettres montrent à quel point elle se plongeait dans les détails. « J'attaque obstinément et je trie jusqu'au bout toutes les manières de déduire les nombres de Bernoulli, écrivait-elle en juillet, quelques semaines seulement avant la date de remise à l'imprimeur de sa traduction et des notes. Je suis consternée de m'être laissée embourber dans une impasse si stupéfiante avec ces Nombres que je ne peux pas terminer la chose aujourd'hui [...] Je suis dans un charmant état de confusion⁴¹. »

Quand le problème fut résolu, elle ajouta une contribution toute personnelle : une table et un schéma montrant exactement comment l'algorithme serait introduit dans la calculatrice, pas à pas, avec deux boucles récursives. C'était une liste numérotée d'instructions d'encodage qui comprenait des registres de destinations, des opérations et un commentaire – présentation qui serait familière à quiconque écrit aujourd'hui du code en langage C + +. « J'ai travaillé sans interruption et avec beaucoup de succès toute la journée, écrivit-elle à Babbage. Vous admirerez extrêmement la table et le schéma. Ils ont été faits avec un soin extrême. » Il ressort de toutes ses lettres

qu'elle avait élaboré la table elle-même ; la seule aide avait été apportée par son mari, qui ne comprenait pas le contenu mathématique, mais était disposé à prendre sa plume pour calligraphier la version définitive : « Lord L. a la bonté de tout repasser à l'encre pour moi. J'avais été obligée de le faire au crayon⁴². »

C'est principalement sur la base de ce schéma accompagnant le processus complexe de génération des nombres de Bernoulli qu'Ada a été saluée par ses fans comme « la toute première programmeuse ». C'est un peu difficile à défendre. Babbage avait déjà conçu, du moins en théorie, une bonne vingtaine d'explications des processus que sa machine pourrait finalement exécuter. Mais aucune ne fut publiée, et il n'y avait aucune description du mode de séquençage des opérations. Il est donc juste de dire que l'algorithme et la description détaillée de la programmation nécessaire à la génération des nombres de Bernoulli constituaient le premier programme informatique jamais publié. Et les initiales en guise de signature étaient celles d'Ada Augusta Lovelace.

Elle introduisit dans ses « Notes » un autre concept significatif, qui remontait à l'histoire de Frankenstein écrite par Mary Shelley après le week-end pluvieux passé en compagnie de lord Byron. Il soulevait ce qui est encore le thème métaphysique le plus fascinant associé aux ordinateurs, celui de l'intelligence artificielle : les machines peuvent-elles penser ?

Ada estimait que non. Une machine comme celle de Babbage pouvait, affirmait-elle, exécuter des opérations conformément à des instructions, mais elle ne pouvait pas avoir d'idées ou d'intentions par elle-même. « La machine analytique n'a pas la moindre prétention à *générer* quoi que ce soit, écrivait-elle dans ses "Notes". Elle peut faire tout ce que nous savons lui commander de faire. Elle peut suivre l'analyse, mais elle n'a pas le pouvoir d'anticiper des relations ou vérités analytiques. » Un siècle plus tard, cette affirmation serait surnommée « l'objection de lady Lovelace » par le pionnier de l'informatique Alan Turing (v. au chapitre 3).

Ada voulait que sa prestation soit considérée comme un article scientifique sérieux et non comme un simple plaidoyer public, aussi déclarait-elle au début de ses « Notes » qu'elle « n'exprimerait aucune opinion » sur la réticence du gouvernement à continuer de financer les efforts de Babbage. Ce qui ne plut pas à Babbage, qui entreprit de rédiger un pavé attaquant le gouvernement. Il voulait qu'Ada l'intègre

à ses « Notes » sans que son nom à lui soit mentionné, comme si c'était son opinion à elle. Elle refusa. Elle ne pouvait pas compromettre son travail.

Sans l'informer, Babbage communiqua directement aux *Scientific Memoirs* l'addendum proposé. La rédaction de la revue décida qu'il devrait paraître séparément et suggéra que l'auteur ait « le courage » de le signer de son propre nom. Babbage savait être charmant quand il le voulait, mais il pouvait aussi être excentrique, obstiné et provocant, comme la plupart des innovateurs. La solution proposée déchaîna sa fureur et il écrivit à Ada de retirer ses « Notes ». C'était maintenant à elle de se mettre en colère : « Mon cher Babbage, écrivit-elle pour ainsi dire d'homme à homme, retirer la traduction et les "Notes" serait déshonorant et injustifiable. » Elle concluait sa lettre ainsi : « Soyez assuré que je demeure votre meilleure amie ; mais que je ne pourrai ni ne voudrai jamais soutenir votre recours à des principes dont j'estime qu'ils sont non seulement erronés en eux-mêmes, mais aussi suicidaires⁴³. »

Babbage recula et accepta de faire publier son article séparément dans un autre périodique. Ce jour-là, Ada se plaignit auprès de sa mère :

« J'ai été harcelée et bousculée de la manière la plus déconcertante par la conduite de M. Babbage [...] Je suis désolée d'arriver à la conclusion qu'il est l'une des personnes les plus irréalistes, égoïstes et excessives auxquelles on puisse avoir affaire [...] J'ai déclaré immédiatement à Babbage que nul pouvoir ne saurait me conduire à m'impliquer dans une de ses querelles ou à devenir son organe à quelque titre que ce soit [...] Il était furieux. Et moi, imperturbable et inflexible⁴⁴. »

La réaction d'Ada à ce conflit fut une bizarre lettre de seize pages adressée à Babbage, frénétiquement rédigée, qui manifestait avec éclat sa morosité, ses exultations, illusions et passions. Elle le flattait et le critiquait, le louait et le dénigrail. Elle décrivait leurs motivations antagonistes ainsi : « J'ai pour principe intransigeant d'essayer de mettre l'amour de la vérité et de Dieu avant celui de la célébrité et de la gloire. Le vôtre est d'aimer la vérité et Dieu ; mais d'aimer encore plus la célébrité, la gloire et les honneurs. » Elle affirmait voir dans sa propre nature exaltée l'origine de son inévitable notoriété : « Je désire contribuer de toutes mes forces à exposer et interpréter le Tout-Puissant et ses lois [...] J'éprouverais une gloire non négligeable s'il m'était accordé d'être au nombre de ses plus éminents prophètes⁴⁵. »

Ayant posé ces bases, elle lui proposa un marché : ils devraient se constituer en un partenariat commercial et politique. Elle utiliserait

ses relations et sa plume persuasive pour appuyer ses efforts visant à construire la machine analytique si – et seulement si – il lui laissait le contrôle des décisions commerciales : « Je vous accorde la priorité et vous propose mes services et mon intellect. N'ayez pas la légèreté de les rejeter. » Certains passages de cette lettre évoquaient un contrat de capital-risque ou un accord pré-nuptial et prévoyaient même une possibilité d'arbitrage : « Vous vous engagerez à vous conformer totalement à mon jugement (ou à celui de toutes les personnes que vous voudrez bien maintenant me désigner comme arbitres, chaque fois qu'il y aura un différend entre nous) en ce qui concerne toutes les questions pratiques. » En contrepartie, elle lui promettait de « vous présenter en l'espace d'un an ou deux des propositions explicites et honorables pour l'exécution de votre machine⁴⁶ ».

Cette lettre paraîtrait surprenante si Ada n'en avait pas écrit un grand nombre du même style, car, comme le montre cet exemple, elle se laissait parfois emporter par ses ambitions grandioses. Elle mérite néanmoins le respect en tant que personne qui, s'élevant au-dessus des attentes de son milieu et de son sexe, et refoulant les miasmes des vieux démons familiaux, se consacra diligemment à des exploits mathématiques complexes que la plupart d'entre nous ne voudraient ni ne pourraient tenter. (Les nombres de Bernoulli, notamment, mettraient en échec beaucoup d'entre nous.) Ses travaux mathématiques impressionnants et ses intuitions imaginatives coïncidèrent avec les péripéties dramatiques de l'affaire Medora Leigh et des accès de diverses maladies induisant chez elle une dépendance aux opiacés qui accentuerait ses sautes d'humeur. À la fin de sa lettre à Babbage, elle expliquait : « Mon cher ami, si vous saviez quelles tristes et funestes expériences j'ai eues, sur des modes dont vous ne pouvez avoir conscience, alors vous sentiriez que mes sentiments méritent un minimum de considération. » Ensuite, après une brève diversion où elle soulevait un problème mineur relatif au calcul de différences finies pour obtenir les nombres de Bernoulli, elle s'excusait en disant que « cette lettre est imbibée de larmes » et s'enquêrait plaintivement : « Je me demande si vous choisirez ou non de retenir votre fée à votre service⁴⁷. »

Ada était persuadée que Babbage accepterait sa proposition de partenariat. « Il est si fortement pénétré de l'avantage qu'il aurait à avoir ma plume à son service qu'il va probablement céder, bien que j'exige de très fortes concessions, écrivait-elle à sa mère. S'il consent effectivement à ce que je propose, il me sera probablement possible de lui éviter beaucoup d'ennuis et d'amener sa machine au stade de sa réalisation⁴⁸. » Babbage estima toutefois plus sage de décliner cette proposition. Il alla voir Ada et « refusa toutes les conditions⁴⁹ ». Bien

qu'ils n'aient jamais plus collaboré dans le domaine scientifique, leur relation survécut. « Babbage et moi sommes plus amis que jamais », écrivait-elle à sa mère la semaine suivante⁵⁰. Et Babbage accepta un mois plus tard de lui rendre visite dans sa résidence du Surrey ; il lui envoya une lettre affectueuse où il l'appelait « l'Enchanteresse des Nombres » et « ma chère et tant admirée Interprète ».

C'est en ce mois-là, septembre 1843, que parurent la traduction et les « Notes » dans les *Scientific Memoirs*. Un temps, Ada put jouir des compliments de ses amis et espérer qu'à l'instar de son modèle Mary Somerville elle serait prise au sérieux dans les milieux scientifiques et littéraires. Le fait d'être publiée lui donnait enfin l'impression d'être « une vraie praticienne, écrivait-elle à un avocat. Je suis maintenant aussi attachée à une profession libérale que vous l'êtes⁵¹. »

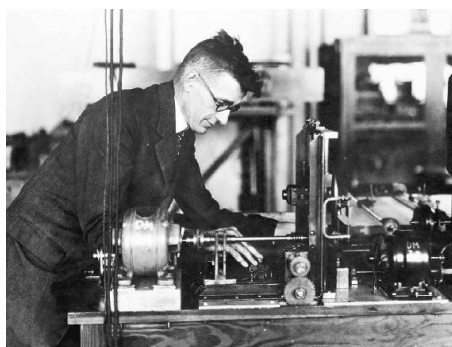
Il n'en serait point ainsi. Babbage ne trouva plus aucun financement pour ses machines ; elles ne furent jamais construites, et il mourut dans l'indifférence générale. Quant à lady Lovelace, elle ne publia jamais d'autre article scientifique. Au lieu de quoi elle se laissa entraîner dans la spirale funeste du jeu et des opiacés. Elle eut une liaison avec un partenaire de jeu qui ensuite la fit chanter et la força à mettre ses bijoux de famille au mont-de-piété. Dans la dernière année de sa vie, elle livra une bataille excessivement douloureuse contre un cancer de l'utérus accompagné d'hémorragies permanentes. Quand elle mourut en 1852, à trente-six ans, elle fut enterrée, conformément à l'une de ses dernières volontés, dans une tombe à la campagne près de son père poète qu'elle n'avait jamais connu et qui était mort au même âge qu'elle.

La Révolution industrielle était fondée sur deux grands concepts d'une profonde simplicité : d'une part, la simplification des projets en les fractionnant en petites tâches faciles qui pouvaient s'effectuer à la chaîne ; ensuite, dans l'industrie textile d'abord, des inventeurs trouvèrent des moyens de mécaniser des étapes des processus de façon à ce qu'elles puissent être exécutées par des machines, dont beaucoup étaient mues par la vapeur. Babbage, prolongeant les idées de Pascal et de Leibniz, essaya d'appliquer ces deux procédés à la production de calculs, créant ainsi un précurseur mécanique de l'ordinateur moderne. Son saut conceptuel le plus significatif était que de telles machines n'étaient pas obligatoirement réglées pour exécuter un processus unique, mais pouvaient en revanche être programmées et reprogrammées avec des cartes perforées. Ada vit la beauté et la signification de cette idée enchanteresse, et elle décrivit aussi une idée encore plus fascinante, dérivée de la première : de telles machines

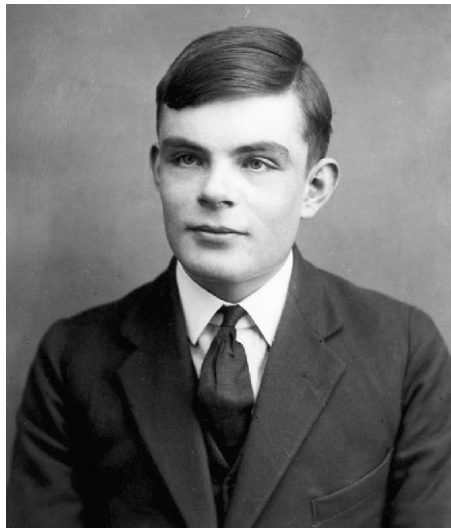
pouvaient traiter non seulement des nombres, mais aussi tout ce qui pouvait être représenté par une notation symbolique.

Au fil des années, Ada Lovelace a été célébrée comme une icône féministe et une pionnière de l'informatique. Par exemple, le département de la Défense américain a baptisé Ada son langage de programmation de haut niveau orienté objet. Toutefois, elle a été aussi raillée comme une mythomane, une inconstante, simple collaboratrice mineure dans les « Notes » signées de ses initiales. Ainsi qu'elle l'a écrit elle-même dans ces « Notes » au sujet de la machine analytique, mais dans des termes qui décrivent aussi sa réputation fluctuante : « Lorsqu'on envisage tout sujet nouveau, on a fréquemment tendance à, premièrement, surestimer ce que l'on trouve déjà intéressant ou remarquable, et, deuxièmement, par une sorte de réaction naturelle, à sous-évaluer le véritable état de l'affaire. »

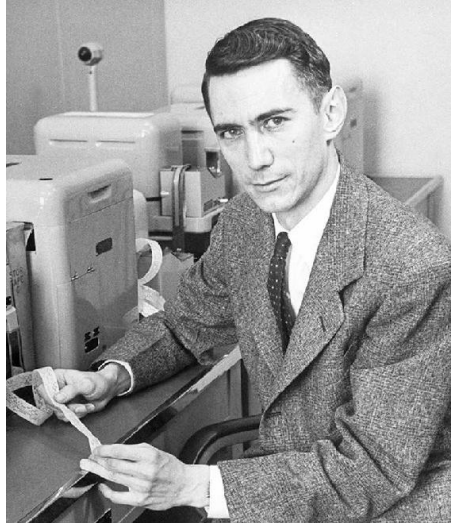
En réalité, la contribution d'Ada a été à la fois profonde et inspirante. Plus que Babbage ou que toute autre personnalité de son époque, elle a su entrevoir un futur dans lequel des machines deviendraient des partenaires de l'imagination humaine et tisseraient avec elle des tapisseries aussi belles que celles produites par le métier Jacquard. Son appréhension d'une poésie de la science l'a conduite à célébrer un projet de machine à calculer rejeté par la communauté scientifique établie, et elle a compris comment la puissance de calcul de pareil dispositif pourrait traiter n'importe quelle sorte d'informations. Ainsi Ada, comtesse Lovelace, a-t-elle contribué à semer les germes d'une ère numérique qui s'épanouirait cent ans plus tard.



*Vannevar Bush (1890-1974) et son « analyseur différentiel »
au MIT.*



Alan Turing (1912-1954), à la Sherborne School en 1928.



Claude Shannon (1916-2001) en 1951.

*1. C'est dans un compte rendu de ce livre qu'un ami de Babbage, William Whewell, créa le substantif *scientist* (« scientifique ») pour suggérer l'interconnexion de toutes ces disciplines.

*2. Plus précisément, il voulait utiliser la méthode des différences divisées pour obtenir une approximation très fidèle des fonctions logarithmiques et trigonométriques.

*3. Ainsi nommés en hommage au mathématicien suisse du XVII^e siècle Jacques Bernoulli, qui étudia les sommes des puissances d'entiers consécutifs, ils forment une suite infinie et jouent un rôle fascinant dans la théorie des nombres, l'analyse mathématique et la topologie différentielle.

*4. L'exemple d'Ada impliquait le calcul de polynômes en utilisant des techniques de différences comme sous-fonction, ce qui exigeait une structure en boucle imbriquée avec une portée variable pour la boucle interne.

2.

L'ordinateur

Parfois l'innovation relève de la convergence. Une idée grandiose se présente juste au moment où la technologie existe pour la mettre en œuvre. Par exemple, l'idée d'envoyer un homme sur la Lune a été soumise précisément quand les progrès des circuits intégrés permettaient de loger des systèmes de guidage informatisés dans l'ogive d'une fusée. Il y a toutefois d'autres cas où le moment est mal choisi. Charles Babbage publia son article sur une calculatrice perfectionnée en 1837, mais il fallut cent ans pour accumuler les dizaines d'avancées technologiques nécessaires pour construire un ordinateur.

Certaines de ces avancées semblent presque triviales, mais le progrès ne vient pas seulement sous forme de grands bonds, mais aussi de centaines de petits pas. Prenons par exemple les cartes perforées, comme celles que Babbage avait vues sur les métiers Jacquard et qu'il avait proposé d'intégrer à sa machine analytique. Si le perfectionnement de l'usage des cartes perforées dans les ordinateurs se concrétisa, c'est parce que Herman Hollerith, un employé du Bureau du recensement américain, était consterné de voir qu'il avait fallu près de huit ans pour traiter manuellement le recensement de 1880. Il résolut d'automatiser celui de 1890.

S'inspirant de la manière dont les contrôleurs des chemins de fer poinçonnaient un billet en divers emplacements pour indiquer les caractéristiques de chaque voyageur (sexe, stature approximative, âge, couleur des cheveux), Hollerith conçut des cartes perforées comportant douze rangées et vingt-quatre colonnes qui enregistraient

les traits significatifs de chaque individu recensé. Les cartes étaient glissées entre un plateau de coupelles à mercure et un jeu d'aiguilles montées sur ressorts, ce qui créait un circuit électrique chaque fois qu'il y avait une perforation. La trieuse-tabulatrice pouvait produire non seulement les décomptes bruts mais aussi des classements par combinaisons de traits, par exemple le nombre d'hommes mariés à des femmes nées à l'étranger. Grâce aux tabulatrices de Hollerith, le recensement de 1890 fut achevé en un an au lieu de huit. C'était la première application importante des circuits électriques pour le traitement de l'information et, en 1924, après une série de fusions et d'acquisitions, la société fondée par Hollerith deviendrait l'International Business Machines Corporation, ou IBM.

Une manière de considérer l'innovation est d'y voir l'accumulation de centaines de petites avancées, telles que les compteurs et les lecteurs de cartes perforées. Dans des entreprises comme IBM, spécialisées dans des améliorations quotidiennes apportées par des équipes d'ingénieurs, c'est ainsi qu'on préfère appréhender le processus par lequel l'innovation est réellement produite. Quelques-unes des plus importantes technologies de notre époque, comme les techniques de fractionnement développées tout au long des six dernières décennies pour l'extraction du gaz naturel, sont apparues à la suite d'innombrables petites innovations ponctuées de quelques percées et sauts conceptuels.

Dans le cas des ordinateurs, un grand nombre de pareilles avancées incrémentielles furent réalisées par des ingénieurs anonymes dans des entreprises comme IBM. Mais ce n'était pas suffisant. Même si les machines produites par IBM au début du ^{xx}e siècle pouvaient compiler des données, elles n'étaient pas ce que nous appellerions des ordinateurs. Elles n'étaient même pas des calculatrices particulièrement adroites. Elles étaient boiteuses. En plus de ces centaines de petites avancées, la naissance de l'ère informatique exigeait quelques sauts imaginatifs à plus grande portée de la part de visionnaires créatifs.

Le numérique triomphe de l'analogique

Les machines conçues par Hollerith et Babbage étaient *numériques*, c'est-à-dire qu'elles calculaient avec des nombres – des entiers discrets et distincts tels que 0, 1, 2, 3. Dans ces machines, les nombres entiers étaient ajoutés et retranchés grâce à des engrenages et des rouages qui avançaient d'un chiffre à la fois, comme des compteurs. Une autre démarche de calcul consistait à construire des dispositifs capables d'imiter ou de modéliser un phénomène physique, puis d'effectuer des

mesures sur le modèle analogique pour obtenir les résultats recherchés. Ils étaient qualifiés de calculateurs *analogiques* puisqu'ils fonctionnaient par analogie. Les machines analogiques ne se servent pas de nombres entiers discrets pour effectuer leurs calculs ; au lieu de quoi elles utilisent des fonctions continues. Dans les calculateurs analogiques, une grandeur variable telle que la tension électrique, la position d'un câble sur une poulie, la pression hydraulique ou une mesure de distance sert d'analogie pour la grandeur correspondante dans le problème à résoudre. Une règle à calcul est analogique ; un boulier est numérique. Les montres et horloges à aiguilles sont analogiques, celles qui affichent des chiffres sont numériques.

À peu près à l'époque où Hollerith construisait sa tabulatrice numérique, lord Kelvin et son frère James Thomson, deux des scientifiques les plus distingués d'Angleterre, créaient une machine analogique. Elle était conçue pour exécuter la tâche fastidieuse consistant à résoudre des équations différentielles, ce qui faciliterait la création de tables des marées, et de tables de tir montrant les angles de pointage qui génèreraient différentes trajectoires pour des obus d'artillerie. Dans les années 1870, les deux frères conçurent un système fondé sur le planimètre, instrument capable de mesurer la superficie d'une forme bidimensionnelle comme l'espace sous une courbe tracée sur une feuille de papier. L'utilisateur devait suivre le contour de la courbe avec cet instrument, qui calculait alors la superficie en utilisant une petite sphère roulant à la surface d'un grand disque rotatif. En calculant l'aire sous le pic de la courbe, il pouvait ainsi résoudre des équations par intégration – autrement dit, exécuter une tâche fondamentale du calcul intégral. Lord Kelvin et son frère utilisèrent cette méthode pour créer un « synthétiseur harmonique » capable de produire une table annuelle des marées en quatre heures. Mais ils ne purent jamais surmonter les difficultés mécaniques qu'aurait entraînées la combinaison d'un grand nombre de ces dispositifs pour résoudre des équations comportant beaucoup de variables.

Le défi représenté par la mise en liaison d'intégrateurs multiples ne fut pas maîtrisé avant 1931, lorsqu'un professeur d'ingénierie au MIT, Vannevar Bush – retenez son nom, car c'est un des personnages clés de ce livre –, réussit à construire le premier calculateur analogique électromécanique du monde. Il appela sa machine un « analyseur différentiel ». Elle consistait en six intégrateurs à roues et disques, pas si différents que cela de ceux de lord Kelvin, qui étaient connectés via une batterie d'engrenages, de poulies et d'axes mus par des moteurs électriques. Le fait que Bush enseigne au MIT était un avantage : il y avait là des tas de gens capables de monter et d'étalonner des

mécanismes complexes. La machine définitive, qui occupait le volume d'une petite chambre à coucher, pouvait résoudre des équations avec jusqu'à dix-huit variables indépendantes. Pendant la décennie suivante, des versions de l'analyseur différentiel de Bush furent reproduites au Centre d'essais balistiques de l'armée de terre à Aberdeen au Maryland, à l'école d'ingénierie électrique Moore de l'université de Pennsylvanie, et aux universités de Manchester et de Cambridge en Angleterre. Elles se révélèrent particulièrement utiles dans la production de tables de tir pour l'artillerie – et pour la formation et l'inspiration de la génération suivante de pionniers de l'informatique.

La machine de Vannevar Bush n'était toutefois pas destinée à être une avancée majeure dans l'histoire de l'informatique, car c'était un calculateur analogique. En fait, elle s'avéra être le dernier soupir du calcul analogique, du moins pour de nombreuses décennies à venir.

De nouvelles démarches, de nouvelles technologies et de nouvelles théories commencèrent à émerger en 1937, soit exactement cent ans après que Babbage eut publié son article sur la machine analytique. Cette date deviendrait un *annus mirabilis* de l'ère informatique, et le résultat serait le triomphe de quatre propriétés, plus ou moins apparentées entre elles, qui allaient définir le calcul informatique moderne, lequel serait :

Numérique. Un trait fondamental de la révolution informatique était qu'elle se fondait sur des ordinateurs non pas analogiques, mais numériques. Il y avait à cela de nombreuses raisons, comme nous allons le voir, notamment des avancées simultanées dans les domaines de la théorie logique, des circuits et des commutateurs marche-arrêt électroniques qui rendaient une démarche numérique plus fructueuse que la démarche analogique. Il faudrait attendre les années 2010 pour que des informaticiens, cherchant à reproduire le fonctionnement du cerveau humain, commencent à travailler sérieusement sur des manières de ressusciter le calcul analogique.

Binaire. Non seulement les ordinateurs modernes seraient numériques, mais le système de numération qu'ils adopteraient serait binaire – de base 2 –, ce qui signifie qu'il n'utilise que des 0 et des 1 au lieu des dix chiffres de la notation décimale dont nous nous servons quotidiennement. Comme de nombreux concepts mathématiques, la

théorie binaire a été développée pour la première fois par Leibniz à la fin du XVII^e siècle. Dans les années 1940, il devint de plus en plus évident que le système binaire était plus efficace que toutes les autres formes numériques, y compris le système décimal, pour exécuter des opérations logiques utilisant des circuits composés de commutateurs marche-arrêt.

Électronique. Au milieu des années 1930, l'ingénieur britannique Tommy Flowers fut le premier à introduire l'usage des lampes (ou tubes) à vide comme commutateurs marche-arrêt dans les circuits électroniques. Jusque-là, les circuits utilisaient des commutateurs mécaniques et électromécaniques, tels que les relais électromagnétiques cliquetants des centraux téléphoniques, et les lampes servaient principalement d'amplificateurs de signaux plutôt que de commutateurs marche-arrêt. Avec le recours à des composants électroniques comme les lampes à vide et, plus tard, les transistors et les circuits intégrés, les ordinateurs pourraient fonctionner des milliers de fois plus vite que des machines à commutateurs électromécaniques.

Universel. Les machines finiraient par avoir la faculté d'être programmées et reprogrammées – et même de se reprogrammer toutes seules – pour une gamme variée d'utilisations. Elles seraient capables de résoudre non seulement une forme unique de calcul mathématique, comme les équations différentielles, mais pourraient aussi traiter une multiplicité de tâches et de manipulations de symboles impliquant des mots, de la musique et des images aussi bien que des nombres, réalisant ainsi le potentiel célébré par lady Lovelace dans sa description de la machine analytique de Babbage.

L'innovation se produit lorsque des graines arrivées à maturation tombent sur un terreau fertile. Au lieu d'avoir une cause unique, les grandes avancées de 1937 naquirent d'une combinaison de capacités, d'idées et de besoins qui coïncidèrent en de multiples endroits. Comme cela se produit souvent dans les annales de l'invention, et en particulier dans le domaine des technologies de l'information, le moment était idéal et l'atmosphère tendue. Le développement des lampes pour l'industrie de la radio prépara le terrain pour la création de circuits numériques électroniques. Il s'accompagna de percées théoriques en logique qui rendaient les circuits plus efficaces. Et cette marche fut accélérée par les tambours de la guerre. Lorsque les nations commencèrent peu à peu à s'armer en prévision du conflit à

l'horizon, il devint clair que la puissance de calcul serait aussi importante que la puissance de feu. Ces avancées se renforcèrent mutuellement, d'autant qu'elles se produisirent quasi simultanément et spontanément à Harvard, au MIT, à Princeton, aux laboratoires Bell, dans un appartement à Berlin et, détail improbable mais intéressant, dans un sous-sol à Ames, en Iowa.

Toutes ces avancées étaient sous-tendues par des percées mathématiques remarquables qu'Ada aurait pu qualifier de poétiques. L'une de ces percées conduisit au concept formel d'un « calculateur universel », machine polyvalente qui pouvait être programmée pour exécuter n'importe quelle tâche logique et simuler le comportement de n'importe quelle autre machine logique. Il fut inventé sous la forme d'une expérience de pensée par un brillant mathématicien britannique dont le destin fut à la fois exemplaire et tragique.

Alan Turing

Alan Turing subit l'éducation stricte d'un enfant né à la marge effrangée de la noblesse britannique¹. Sa famille bénéficiait depuis 1638 d'un titre de baronnet, qui, par un cheminement tortueux, échut en fin de lignée à l'un de ses neveux. Mais pour les plus jeunes fils sur l'arbre généalogique, ce qui était le cas de Turing, de son père et de son grand-père, il n'y eut pas de terres et guère de richesse. La plupart firent carrière dans le clergé, comme le grand-père d'Alan, et dans le fonctionnariat colonial, comme son père, modeste administrateur en poste dans diverses régions reculées de l'Inde. Alan fut conçu à Chatrapour, en Inde, et naquit le 23 juin 1912 à Londres, où ses parents étaient en congé. Il n'avait qu'un an lorsque ses parents retournèrent en Inde pour quelques années, confiant leurs enfants – son frère aîné et lui – à un colonel en retraite et à son épouse qui habitaient dans une ville de la côte sud de l'Angleterre. « Je ne suis ni pédiatre, ni psychologue, dirait plus tard son frère, mais je suis certain que pour un nourrisson ce n'est pas une bonne chose que d'être déraciné et placé dans un environnement inconnu². »

Lorsque sa mère rentra des Indes, Alan vécut avec elle quelques années puis, à treize ans, fut mis en pension. Pour ne pas manquer la rentrée malgré une grève des transports, il se rendit à l'école seul, à bicyclette, prenant deux jours pour parcourir plus de quatre-vingt-dix kilomètres. Il y avait chez lui une intensité solitaire, qui se reflétait dans sa passion pour la course de fond et le cyclisme. Il avait aussi ce trait si répandu chez les innovateurs et élégamment décrit par son biographe Andrew Hodges : « Alan mit longtemps à reconnaître cette ligne floue qui distingue l'initiative de la désobéissance³. »

Dans une poignante réminiscence, sa mère décrivit le fils qu'elle adorait :

« Alan était large d'épaules, grand et puissamment bâti, avec un menton carré et des cheveux bruns rebelles. Ses yeux d'un bleu limpide au fond de leurs orbites étaient son trait le plus remarquable. Son petit nez légèrement retroussé et les plis ironiques de sa bouche lui donnaient une apparence juvénile et parfois enfantine. À tel point qu'à la fin de la trentaine on le prenait encore parfois pour un étudiant de licence. Il avait tendance à être négligent dans sa manière de s'habiller et dans ses habitudes. Ses cheveux étaient généralement trop longs, avec une mèche en surplomb qu'il rejetait en arrière d'un mouvement brusque de la tête [...] Il pouvait être replié sur lui-même, en proie à la rêverie et absorbé dans ses pensées, ce qui parfois donnait l'impression qu'il n'était pas sociable [...] Il y avait des moments où sa timidité le portait à une extrême gaucherie [...] De fait, il avouait que la réclusion dans un monastère médiéval lui aurait très bien convenu⁴. »

À la Sherborne School, où il était pensionnaire, il prit conscience de son homosexualité. Il s'enticha d'un camarade blond et mince, Christopher Morcom, avec qui il étudiait les maths et discutait philosophie. Mais l'hiver avant la fin de ses études, Morcom mourut subitement d'une tuberculose. Turing écrivait plus tard à la mère de Morcom : « J'adorais carrément le sol qu'il foulait, chose que, je suis navré de le dire, je ne tentai guère de dissimuler⁵. » Dans une lettre à sa propre mère, Turing semblait trouver refuge dans la foi : « J'ai l'impression que je reverrai Morcom quelque part et qu'il y aura pour nous deux du travail à faire ensemble, comme je crois qu'il y en avait ici-bas. À présent que je dois m'atteler seul à cette tâche, il ne faut pas que je le déçoive. Si je réussis, je serai plus apte à le rejoindre que je ne le suis maintenant. » Mais cette tragédie finit par saper la foi religieuse de Turing. Il se replia encore plus sur lui-même et ne retrouva jamais plus la facilité à nouer des relations profondes. À Pâques 1927, son professeur principal écrivit à ses parents : « Il est indéniable qu'il n'est pas un garçon "normal" ; il ne s'en trouve pas plus mal, mais cela le rend probablement moins heureux⁶. »

Dans sa dernière année à Sherborne, Turing obtint une bourse pour s'inscrire au King's College de Cambridge, où il entra en 1931 pour étudier les mathématiques. L'un des trois livres qu'il acheta avec l'argent gagné aux prix de fin d'année était *Les Fondements mathématiques de la mécanique quantique* de John von Neumann, personnage fascinant, mathématicien d'origine hongroise qui, en tant que pionnier de la conception des ordinateurs, aurait une influence

durable sur sa vie. Turing s'intéressait particulièrement aux principes mathématiques de la physique quantique, qui décrit comment les événements au niveau subatomique sont gouvernés par des probabilités statistiques plutôt que par des lois qui les déterminent avec certitude. Il croyait (au moins quand il était jeune) que cette incertitude et cette indétermination au niveau subatomique permettaient aux humains d'exercer leur libre arbitre – trait qui, s'il était avéré, semblerait les distinguer des machines. Autrement dit, puisque les événements au niveau subatomique ne sont pas prédéterminés, cela permettrait que nos pensées et nos actions ne soient pas déterminées. Comme il l'expliquait dans une lettre à la mère de Morcom :

« Autrefois, la science supposait que si tout était connu sur l'univers à n'importe quel moment particulier, alors nous pourrions prédire ce qu'il serait dans tout l'avenir. Cette idée était généralement due au grand succès de la prédiction astronomique. Or la science moderne est parvenue à la conclusion que lorsque nous avons affaire à des atomes et des électrons, nous sommes tout à fait incapables de savoir leur état exact, car nos instruments eux-mêmes sont faits d'atomes et d'électrons. L'idée de pouvoir connaître l'état exact de l'univers doit alors vraiment s'effondrer à petite échelle. Ce qui signifie alors que la théorie affirmant que les éclipses, etc. et jusqu'à nos actions sont prédestinées s'effondre elle aussi. Nous avons une volonté qui est probablement capable de déterminer les actions des atomes dans une petite partie du cerveau et, peut-être, dans tout le cerveau⁷. »

Pendant le reste de sa vie, Turing se colletterait avec la question de savoir si l'esprit humain était fondamentalement différent d'une machine déterministe, et il parviendrait progressivement à la conclusion que cette distinction était moins tranchée qu'il ne l'avait cru.

En outre, il pressentait instinctivement que, tout comme l'incertitude imprégnait le domaine subatomique, il y avait aussi des problèmes mathématiques qui ne pouvaient se résoudre mécaniquement et étaient destinés à être enveloppés d'indétermination. À l'époque, les mathématiciens se concentraient intensément sur des questions relatives à la complétude et à la cohérence des systèmes logiques, notamment à cause de l'influence de David Hilbert, le génie basé à Göttingen qui, entre autres nombreuses prouesses, avait trouvé la formulation mathématique de la relativité générale en même temps qu'Einstein.

Lors d'un congrès de mathématiciens en 1928, Hilbert posa trois

questions fondamentales sur tout système formel de mathématiques, quel qu'il soit : 1. L'ensemble de ses règles était-il complet, de façon que n'importe quel énoncé puisse être prouvé (ou réfuté) en n'utilisant que les règles du système ? 2. Était-il cohérent, de façon que nul énoncé ne puisse être à la fois démontré comme vrai puis démontré comme faux ? 3. Y avait-il une procédure quelconque qui puisse déterminer si un énoncé particulier était démontrable, plutôt qu'autoriser la possibilité que certains énoncés (tels que des énigmes mathématiques durables comme le dernier théorème de Fermat, la conjecture de Goldbach ou la conjecture de Collatz^{*1}) soient destinés à rester dans les limbes de l'indécidabilité ? Hilbert pensait que la réponse aux deux premières questions était oui, ce qui rendait la troisième discutable. Il l'exprima en termes simples : « Il n'existe pas de problème insoluble. »

Moins de trois ans plus tard, le logicien autrichien Kurt Gödel, qui avait alors vingt-cinq ans et vivait chez sa mère à Vienne, expédia les deux premières questions avec des réponses inattendues : non et non. Dans son « théorème de l'incomplétude », il démontra qu'il existait des énoncés qui ne pouvaient être ni démontrés ni réfutés. Parmi eux, en simplifiant quelque peu excessivement, il y avait ceux apparentés aux énoncés autoréférentiels du genre : « Cet énoncé est indémontrable. » Si l'énoncé est vrai, alors il décrète que nous ne pouvons pas prouver qu'il est vrai ; s'il est faux, cela conduit aussi à une contradiction logique. Cela ressemble un peu au « paradoxe du menteur » qui nous vient de la Grèce antique, dans lequel la véracité de l'énoncé « Cet énoncé est faux » ne peut être déterminée. (Si cet énoncé est vrai, alors il est également faux, et vice versa.)

En proposant des énoncés qui ne pouvaient être ni démontrés ni réfutés, Gödel montra que tout système formel assez puissant pour exprimer les mathématiques habituelles était incomplet. Il put aussi produire un théorème associé qui répondait efficacement à la deuxième question de Hilbert.

Il restait la troisième question de Hilbert, celle de la décidabilité, en allemand *Entscheidungsproblem* – « problème de la décision ». Même si Gödel avait trouvé des énoncés qui ne pouvaient être ni démontrés ni réfutés, peut-être se pouvait-il que cette classe marginale d'énoncés soit d'une manière ou d'une autre identifiée et isolée, conservant alors au reste du système sa complétude et sa cohérence. Ce qui exigerait qu'on trouve une méthode quelconque pour *décider* si un énoncé était démontrable. Lorsque le grand professeur de mathématiques Max Newman, dont Turing suivait les cours à Cambridge, traitait les questions de Hilbert, il exprimait l'*Entscheidungsproblem* ainsi : y a-t-il un « processus mécanique » qui puisse servir à déterminer si un

énoncé logique particulier est démontrable ?

Le concept d'un « processus mécanique » plut à Turing. Un jour de l'été 1935, il courait en solitaire sur son parcours habituel le long des berges de l'Ely ; au bout de trois kilomètres, il s'arrêta pour s'allonger sous les pommiers de Grantchester Meadows et réfléchir à une idée. Il allait prendre la notion de « processus mécanique » au sens littéral, créer ce processus mécanique – une machine imaginaire – et l'appliquer au problème⁸.

La « machine à calculer logique » qu'il envisageait (en tant qu'expérience de pensée, pas une machine à construire physiquement) était à première vue tout à fait simple, mais elle pouvait théoriquement traiter n'importe quel calcul mathématique. Elle consistait en un ruban de papier de longueur illimitée contenant des symboles inscrits dans des cases ; dans l'exemple le plus simple, ces symboles pouvaient se réduire à un 1 et une case vide. La machine devait pouvoir lire les symboles sur le ruban et accomplir certaines actions fondées sur la « table d'instructions » qu'elle avait reçue⁹.

Cette table d'instructions indiquerait à la machine ce qu'elle devrait faire sur la base de toute configuration dans laquelle elle se trouvait et sur le symbole éventuellement présent dans la case. Par exemple, la table d'instructions pour une tâche particulière décréterait que si la machine était dans la configuration 1 et voyait un 1 dans la case, alors elle devrait avancer d'une case vers la droite et passer en configuration 2. C'est quelque peu surprenant, pour nous sinon pour Turing, mais une telle machine, si on lui donne la table d'instructions *ad hoc*, pourrait exécuter jusqu'au bout n'importe quelle tâche mathématique quelle qu'en soit la complexité.

Comment cette machine imaginaire pourrait-elle répondre à la troisième question de Hilbert, celle de la décidabilité ? Turing aborda ce problème en affinant le concept de « nombres calculables ». Tout nombre réel défini par une règle mathématique pouvait être calculé par sa machine. Même un nombre irrationnel tel que π pouvait être calculé indéfiniment avec une table d'instructions finie. Il en serait de même pour le logarithme de 7, ou la racine carrée de 2, ou la séquence des nombres de Bernoulli pour laquelle Ada Lovelace avait contribué à produire un algorithme, ou tout autre nombre ou série, quel que soit le défi présenté par leur calcul, tant que celui-ci relevait d'un ensemble fini de règles. Tous ces nombres étaient pour Turing des « nombres calculables ».

Turing démontra ensuite qu'il existait aussi des nombres non calculables. Ce sujet était en rapport avec ce qu'il appelait « le problème de l'arrêt » : il ne peut y avoir de méthode pour déterminer

à l'avance si toute table d'instructions donnée combinée avec un ensemble donné d'entrées conduira la machine à une réponse ou à tomber dans une boucle où elle continuera de tourner indéfiniment sans arriver nulle part. L'insolubilité du problème de l'arrêt signifiait que le problème de la décidabilité de Hilbert, l'*Entscheidungsproblem*, était lui-même insoluble. Malgré ce que Hilbert semblait espérer, nulle procédure mécanique ne peut déterminer la démontrabilité de tous les énoncés mathématiques. La théorie de l'incomplétude de Gödel, l'indétermination de la mécanique quantique et la réponse de Turing au troisième défi de Hilbert portèrent toutes des coups à l'idée d'un univers mécanique, déterministe et prévisible.

L'article de Turing fut publié en 1937 sous le titre pas vraiment percutant de « Sur les nombres calculables, avec une application à l'*Entscheidungsproblem* ». Sa réponse à la troisième question de Hilbert était utile pour le développement de la théorie mathématique. Mais le sous-produit de la preuve de Turing serait bien plus important : le concept d'une machine à calculer logique, qu'on ne tarda pas à appeler machine de Turing. « Il est possible d'inventer une machine unique qui peut être utilisée pour calculer n'importe quelle séquence calculable », déclara-t-il¹⁰. Une telle machine serait capable de lire les instructions de n'importe quelle autre machine et d'exécuter toute tâche que cette machine-là pourrait faire. Essentiellement, elle incarnait le rêve de Charles Babbage et de lady Lovelace : une machine universelle totalement polyvalente.

Une solution différente et moins élégante de l'*Entscheidungsproblem*, affublée de l'appellation rébarbative de « lambda-calcul non typé », avait déjà été publiée au début de l'année par Alonzo Church, un mathématicien de Princeton. Max Newman, son directeur de recherche, jugea que Turing aurait intérêt à étudier à Princeton sous la direction de Church. Dans sa lettre de recommandation, Newman décrivit l'énorme potentiel de Turing : « Il a travaillé sans la moindre supervision ni la moindre critique de qui que ce soit. Ce qui rend d'autant plus important qu'il entre en contact dès que possible avec les chercheurs de pointe dans ce domaine, afin qu'il ne finisse pas par devenir un solitaire confirmé¹¹. »

Turing avait effectivement des tendances à l'isolement. Son homosexualité lui donnait parfois l'impression d'être un étranger ; il vivait seul et évitait les engagements sentimentaux profonds. À un moment, il proposa le mariage à une collègue, mais se sentit alors obligé de l'informer qu'il était gay ; il en fallait plus pour la déconcerter et elle était toujours disposée à se marier, mais il estima que ce serait une imposture et décida de renoncer au projet. Il n'en devint pas pour autant un « solitaire confirmé ». Il apprit à travailler

en équipe, avec des collaborateurs, ce qui fut vital pour permettre à ses théories abstraites de se traduire en inventions réelles et tangibles.

En septembre 1936, en attendant que son article soit publié, ce doctorant de vingt-quatre ans s'embarqua pour l'Amérique comme passager de troisième classe sur le vieux paquebot RMS *Berengaria*, emportant dans ses bagages un sextant en laiton auquel il tenait beaucoup. Son bureau à Princeton se trouvait dans le bâtiment du département de mathématiques, qui à l'époque hébergeait aussi l'Institut d'études avancées (IAS) dont les vedettes s'appelaient Einstein, Gödel et von Neumann. Cultivé et très sociable, von Neumann s'intéressa particulièrement aux travaux de Turing, malgré leurs personnalités très différentes.

Les bouleversements scientifiques et les avancées simultanées de 1937 ne furent pas directement causés par la publication de l'article de Turing. En fait, il passa d'abord inaperçu. Turing demanda à sa mère d'en envoyer des copies au philosophe et mathématicien Bertrand Russell et à une demi-douzaine d'autres célébrités scientifiques, mais le seul compte rendu important fut signé d'Alonzo Church, qui pouvait se permettre d'être élogieux parce qu'il avait devancé Turing dans la solution du problème hilbertien de la décidabilité. Church ne se contenta pas d'être généreux : il introduisit le terme de *machine de Turing* pour désigner ce que Turing avait appelé machine à calculer logique. C'est ainsi qu'à vingt-quatre ans Turing vit son nom gravé de manière indélébile sur l'un des concepts les plus importants de l'ère numérique¹².

Claude Shannon et George Stibitz aux laboratoires Bell

Il y eut une autre percée théorique fondatrice en 1937, similaire à celle de Turing en ce qu'elle n'était qu'une pure expérience de pensée. Elle était l'œuvre d'un étudiant de troisième cycle du MIT, Claude Shannon, qui produisit cette année-là la thèse de troisième cycle la plus influente de tous les temps, un article que le *Scientific American* qualifierait plus tard de « Magna Carta de l'ère de l'information »¹³.

Shannon grandit dans une petite ville du Michigan où il construisait des modèles réduits d'avions et des postes de radio amateur, puis il étudia l'ingénierie électrique et les mathématiques à l'université du Michigan. Dans sa dernière année d'études, il répondit à une offre d'emploi punaisée sur un tableau d'affichage qui proposait un poste au MIT : travailler sous la direction de Vannevar Bush pour l'aider à faire fonctionner l'analyseur différentiel. Shannon décrocha le poste et fut

fasciné par la machine – moins par les tiges, rouages et poulies qui en formaient les composants analogiques que par les commutateurs à relais électromagnétiques qui faisaient partie du circuit de commande. Chaque fois que des signaux électriques les faisaient s'ouvrir – *clic !* – et se refermer – *clac !* –, ces commutateurs créaient des configurations de circuits différentes.

Pendant l'été 1937, Shannon se mit en congé du MIT pour aller travailler aux laboratoires Bell, établissement de recherche géré par AT&T. Situé à l'époque à Manhattan, dans la partie bordant l'Hudson de Greenwich Village, c'était le lieu idéal pour transformer des idées en inventions. Des hypothèses abstraites y croisaient des problèmes pratiques, et dans les couloirs et les cafétérias des théoriciens excentriques se frottaient à des ingénieurs de terrain, des mécaniciens endurcis et des solutionneurs de problèmes professionnels, ce qui encourageait une fécondation croisée entre la théorie et l'ingénierie et faisait des laboratoires Bell l'archétype du moteur de l'innovation à l'ère numérique, ce que Peter Galison, historien des sciences de Harvard, a appelé une « zone d'échanges ». Lorsque ces praticiens et théoriciens disparates se réunirent, ils apprirent comment trouver un langage commun pour échanger des idées et des informations¹⁴.

Aux laboratoires Bell, Shannon vit de près la prodigieuse puissance des circuits des centraux téléphoniques, qui se servaient de commutateurs électriques pour acheminer les appels et équilibrer les charges. Dans son esprit, il commença à connecter le fonctionnement de ces circuits à un autre sujet qu'il trouvait fascinant, le système formulé quatre-vingt-dix ans plus tôt par le mathématicien britannique George Boole. Boole révolutionna la logique en trouvant des manières d'exprimer des énoncés logiques avec des symboles et des équations. Il donnait la valeur 1 aux propositions vraies et la valeur 0 aux propositions fausses. Un ensemble d'opérations logiques de base – telles que *ET*, *OU*, *NON*, *OU BIEN/OU BIEN* et *SI/ALORS* – était traité avec ces propositions, exactement comme si elles étaient des équations mathématiques.

Shannon imagina que les circuits électriques pourraient exécuter ces opérations logiques en utilisant une configuration de commutateurs marche-arrêt. Pour exécuter une fonction *ET*, par exemple, deux commutateurs pouvaient être mis en série, de façon que les deux soient en position marche pour que le courant passe. Pour exécuter une fonction *OU*, les commutateurs pourraient être en parallèle, de façon que le courant passe si l'un ou l'autre était en position marche. Des commutateurs légèrement plus polyvalents appelés portes logiques pouvaient réguler et affiner ce processus. Autrement dit, on pouvait concevoir un circuit comprenant un grand nombre de relais et

de portes logiques capable d'exécuter, étape par étape, une suite de tâches logiques.

(Un « relais » est simplement un commutateur qui s'ouvre et se ferme par un moyen électrique tel qu'un électro-aimant. Ceux qui s'ouvrent et se ferment audiblement – *clic-clac* – sont parfois appelés relais *électromécaniques*, parce qu'ils ont des parties mobiles. Les lampes à vide et les transistors peuvent également être utilisés comme commutateurs dans un circuit électrique ; ils sont appelés relais *électroniques* parce qu'ils manipulent le flux d'électrons mais n'exigent pas le mouvement de pièces physiques. Une « porte logique » est un commutateur capable de traiter une ou plusieurs données entrantes. Par exemple, dans le cas de deux entrées, une porte logique *ET* est activée si les *deux* entrées sont activées, et une porte logique *OU* est activée si *l'une ou l'autre* des entrées est activée. L'intuition de Shannon était que ces commutateurs pouvaient être reliés en circuits capables d'exécuter les tâches de l'algèbre logique de Boole.)

Lorsque Shannon retourna au MIT à l'automne, Vannevar Bush, fasciné par ses idées, le pressa de les inclure dans son mémoire de fin d'études. Intitulée « Analyse symbolique des circuits de commutation par relais », elle montrait comment chacune des nombreuses fonctions de l'algèbre de Boole pouvait être exécutée. « Il est possible d'exécuter des opérations mathématiques complexes au moyen de circuits à relais », concluait-il¹⁵. Cette idée devint le concept fondamental sous-jacent à tous les calculateurs numériques.

Les idées de Shannon intriguèrent Turing parce qu'elles s'apparentaient élégamment à son propre concept, tout juste publié, d'une machine universelle capable d'utiliser des instructions simples, exprimées en code binaire, pour traiter des problèmes non seulement de mathématiques, mais aussi de logique. En outre, puisque la logique était apparentée à la manière dont raisonne l'esprit humain, une machine qui exécutait des tâches logiques pourrait théoriquement imiter la manière dont pensent les humains.

Au même moment, aux laboratoires Bell, le mathématicien George Stibitz avait pour mission de trouver des manières de traiter les calculs de plus en plus compliqués dont avaient besoin les ingénieurs des téléphones. Les seuls outils à sa disposition étaient des additionneuses de bureau mécaniques, aussi entreprit-il d'inventer quelque chose de mieux en se fondant sur l'intuition de Shannon que des circuits électroniques étaient capables d'exécuter des tâches mathématiques et logiques. Un soir de novembre, il rapporta chez lui quelques vieux relais électromagnétiques récupérés dans la réserve de chez Bell. Sur

la table de sa cuisine, avec deux piles, deux ampoules de lampe de poche, deux relais et des interrupteurs à lamelles découpés dans une boîte à tabac, il bricola sur une planchette un circuit logique simple qui pouvait ajouter des nombres binaires. Une ampoule allumée représentait un 1 et une ampoule éteinte représentait un 0. Sa femme le baptisa « modèle K » (K pour *kitchen* – « cuisine »). Il l'emporta au bureau le lendemain et essaya de convaincre ses collègues qu'avec suffisamment de relais il pourrait fabriquer une machine à calculer.

Une des missions importantes des laboratoires Bell était de trouver comment amplifier un signal téléphonique sur de longues distances tout en filtrant les parasites. Les ingénieurs disposaient de formules traitant de l'amplitude et de la phase du signal, et les solutions de leurs équations impliquaient parfois des nombres complexes (qui comprennent un élément imaginaire représentant la racine carrée d'un nombre négatif). Le supérieur de Stibitz lui demanda si la machine qu'il proposait pouvait traiter les nombres complexes. Quand il le confirma, on lui affecta une équipe pour l'aider à la construire. Ce « calculateur de nombres complexes » fut terminé en 1939. Il comportait plus de quatre cents relais, dont chacun pouvait s'ouvrir et se fermer vingt fois par seconde. Ce qui le rendait à la fois infiniment plus rapide que les calculateurs mécaniques et douloureusement poussif comparé aux circuits à lampes, entièrement électroniques, qui venaient d'être inventés. Le calculateur de Stibitz n'était pas programmable, mais il démontrait le potentiel d'un circuit de relais pour faire des mathématiques en binaire, traiter des informations et manipuler des procédures logiques¹⁶.

Howard Aiken

Toujours en 1937, un doctorant de Harvard, Howard Aiken, s'escrimait à effectuer des calculs fastidieux pour sa thèse de physique à l'aide d'une additionneuse. Quand il fit pression sur l'université pour qu'elle construise un calculateur plus sophistiqué, le directeur de son département lui signala qu'il y avait dans les combles du centre scientifique de Harvard des rouages en laiton provenant d'une machine vieille d'un siècle qui semblait similaire à ce qu'il désirait. Lorsqu'Aiken explora le grenier, il découvrit l'un des six modèles de démonstration de la machine à différences de Charles Babbage que son fils Henry avait construits et distribués. Fasciné par Babbage, Aiken fit transporter dans son bureau le jeu de roues décimales en laiton. « Nous avons assurément deux des roues de Babbage, dira

Aiken en 1973. C'étaient précisément les roues que j'ai ultérieurement fait monter à l'intérieur du corps du calculateur¹⁷. »

En automne de cette même année, juste au moment où Stibitz préparait la démonstration de son modèle K, Aiken rédigea un mémoire de vingt-deux pages, adressé à ses supérieurs à Harvard et aux cadres de chez IBM, détaillant les raisons pour lesquelles ils devraient financer une version moderne de la machine numérique de Babbage. Ce texte commençait ainsi : « Le désir d'économiser du temps et des efforts mentaux dans les calculs arithmétiques et d'éliminer les risques d'erreur est probablement aussi vieux que la science de l'arithmétique elle-même¹⁸. »

Aiken avait grandi en Indiana dans des circonstances difficiles. À douze ans, il se servit d'un tisonnier pour défendre sa mère contre son père ivrogne et grossier, qui abandonna plus tard sa famille, sans aucun moyen de subsistance. Le jeune Howard quitta donc l'école au niveau de la troisième pour soutenir sa famille en travaillant comme installateur de téléphones, puis trouva un emploi de nuit à la compagnie d'électricité locale pour pouvoir fréquenter une école technique pendant la journée. Il se força à réussir, mais ce faisant il développa une personnalité de bosseur tyrannique au tempérament explosif, qu'on redoutait « comme une menace d'orage¹⁹ ».

L'université Harvard avait des sentiments mitigés quant à la construction de la machine proposée par Aiken – ou alors elle redoutait l'éventualité qu'il puisse se voir accorder une titularisation pour un projet qui semblait plus pratique qu'académique. (À Harvard, dans certaines parties du club élitiste du corps enseignant, dire de quelqu'un qu'il avait l'esprit pratique équivalait à une insulte.) Aiken était soutenu par le président de l'université, James Bryant Conant, qui, en tant que président de la Commission de la recherche pour la défense nationale (NDRC), plaçait Harvard dans une position confortable à l'un des sommets du triangle réunissant universitaires, industriels et militaires. Or son département de physique était plus puriste. Son directeur écrivit à Conant en décembre 1939 pour l'informer que la machine était « désirable si on peut trouver de quoi la financer, mais pas nécessairement plus désirable qu'autre chose », et une commission du corps enseignant dit d'Aiken : « Il conviendrait de lui faire comprendre très clairement que pareille activité n'augmenterait pas ses chances d'être promu au titre de professeur. » Conant finit par l'emporter et autorisa Aiken à faire construire sa machine²⁰.

En avril 1941, tandis qu'IBM construisait l'ASCC (*Automatic Sequence Controlled Calculator*), futur Harvard Mark I, sur les plans

d'Aiken, dans son laboratoire d'Endicott dans l'État de New York, Aiken quitta Harvard pour servir dans la marine américaine. Il enseigna pendant deux ans avec le grade de capitaine de corvette à l'École navale de minage en Virginie. Un collègue le décrivit comme « armé jusqu'aux dents de formules longues comme le bras et de théories de Harvard tapissées de lierre » et se heurtant « de front à une collection de lourdauds du Sud profond [dont aucun] n'aurait fait la différence entre le calcul intégral et un pain de maïs²¹ ». Il passait beaucoup de temps à réfléchir à l'ASCC et se rendit plusieurs fois à Endicott en uniforme de parade²².

Son service militaire déboucha sur un résultat important : au début de 1944, alors qu'IBM s'apprêtait à expédier l'ASCC terminé à Harvard, Aiken réussit à convaincre la Marine de réquisitionner la machine et de le nommer officier responsable. Ce qui l'aida à circonvenir la bureaucratie universitaire de Harvard, qui hésitait toujours à le titulariser. Le Laboratoire de calcul de Harvard devint alors un établissement naval et tous les membres du personnel aux ordres d'Aiken étaient des gens de la Marine qui venaient travailler en uniforme. Il les appelait son « équipage », ils l'appelaient « commandant » et disaient « elle » pour le Mark I comme si c'était un vaisseau, traditionnellement du genre féminin dans la marine anglophone²³.

Le Harvard Mark I empruntait beaucoup d'idées à Babbage. Il était numérique, bien que non binaire ; ses roues avaient dix positions. Sur son arbre de transmission de quinze mètres s'échelonnaient soixante-douze compteurs capables de stocker des nombres allant jusqu'à vingt-trois chiffres, et le produit fini avait seize mètres de longueur, soixante centimètres de profondeur, deux mètres soixante de hauteur et pesait près de cinq tonnes. L'arbre et d'autres parties mobiles étaient mus par l'électricité. Mais le Mark I était lent. Au lieu de relais électromagnétiques, il utilisait des relais mécaniques qu'ouvraient et fermaient des moteurs électriques. Ce qui signifiait qu'il lui fallait environ six secondes pour traiter une multiplication, contre une seconde pour la machine de Stibitz. Il possédait toutefois une caractéristique impressionnante qui deviendrait la règle dans les ordinateurs modernes : il était complètement automatique. Programmes et données étaient saisis sur des bandes de papier perforées et la machine pouvait fonctionner des jours durant sans intervention humaine. Ce qui autorisa Aiken à dire qu'il avait « réalisé le rêve de Babbage²⁴ ».

Ils l'ignoraient, mais en 1937 tous ces pionniers étaient en train de se faire battre à plate couture par un ingénieur allemand qui travaillait dans l'appartement de ses parents. Konrad Zuse terminait le prototype d'un calculateur binaire capable de lire des instructions sur un ruban perforé. Toutefois, du moins dans sa première version, c'était une machine mécanique, et non électrique ou électronique.

À l'instar de maints pionniers de l'ère numérique, Zuse était depuis l'enfance fasciné à la fois par l'art et l'ingénierie. Une fois diplômé d'une école technique supérieure, il fut engagé par le constructeur aéronautique Henschel comme ingénieur analyste de contraintes, ce qui impliquait de résoudre des équations linéaires comportant toutes sortes de facteurs de charge, de résistance et d'élasticité. Même en recourant à des calculatrices mécaniques, il était presque impossible pour une seule personne de résoudre en moins d'une journée plus de six équations linéaires simultanées à six inconnues. S'il y avait vingt-cinq variables, cela pouvait prendre une année. Aussi Zuse, comme bien d'autres, fut poussé par le désir de mécaniser le processus fastidieux de la résolution des équations mathématiques. Il transforma en atelier le salon de ses parents, dans leur appartement près de l'aéroport de Berlin-Tempelhof²⁵.

Dans la première version, le Z1, les chiffres binaires étaient stockés avec des encoches et des picots sur de minces plaques métalliques que Zuse et ses amis découpaient à la scie sauteuse. Au début, il utilisait des rubans de papier perforé pour entrer données et programmes, mais il passa rapidement au film cinéma 35 mm récupéré sur de vieilles bobines, qui était non seulement plus résistant mais aussi meilleur marché. Achievé en 1938, le Z1 réussit à traiter cahin-caha quelques problèmes, mais il n'était pas très fiable. Toutes les pièces devaient être fabriquées à la main, et elles avaient tendance à se gripper. Zuse était handicapé par le fait qu'il n'œuvrait pas dans un centre de recherche comme les laboratoires Bell ni au sein d'une collaboration comme celle existant entre Harvard et IBM, qui lui aurait permis de s'associer à une équipe d'ingénieurs capables de compléter ses propres talents.

Le Z1 prouva toutefois que le concept logique élaboré par Zuse fonctionnerait théoriquement. Un ancien condisciple de l'école technique supérieure, Helmut Schreyer, qui l'aidait dans cette entreprise, suggéra vivement qu'ils produisent une version utilisant des lampes électroniques plutôt que des commutateurs mécaniques. S'ils l'avaient fait immédiatement, ils seraient restés dans l'Histoire comme les inventeurs du premier ordinateur moderne fonctionnel :

binairé, életronique et programmable. Mais Zuse et les experts qu'il consulta à l'école technique reculèrent devant la dépense représentée par la construction d'une machine comportant près de deux mille lampes²⁶.

Pour le Z2, ils décidèrent d'utiliser plutôt des commutateurs à relais électromagnétiques d'occasion qui avaient servi dans les centraux téléphoniques ; ils étaient moins fragiles et meilleur marché, mais beaucoup plus lents que des lampes. Le résultat fut un calculateur qui utilisait des relais pour l'unité arithmétique. En revanche, l'unité mémoire, mécanique, recourait à des picots mobiles sur une plaque métallique.

En 1939, Zuse commença à travailler sur un troisième modèle, le Z3, qui utilisait des relais électromagnétiques à la fois pour l'unité arithmétique, l'unité de contrôle et la mémoire. Quand il fut terminé en 1941, il devint le premier calculateur numérique programmable polyvalent fonctionnel. Même s'il n'offrait pas un moyen de traiter directement les sauts et les branchements conditionnels dans les programmes, il pouvait théoriquement fonctionner en tant que machine de Turing universelle. Sa principale différence par rapport aux ordinateurs ultérieurs était qu'il utilisait de bruyants et poussifs relais électromagnétiques au lieu de composants électroniques tels que des lampes ou des transistors.

Helmuth Schreyer, l'ami de Konrad Zuse, écrivit ensuite une thèse de doctorat, « Le relais à lampes et les techniques de sa commutation », qui préconisait d'utiliser les lampes à vide pour créer un calculateur rapide et puissant. Mais lorsque Zuse le proposa à l'armée allemande en 1942, les responsables militaires répondirent qu'ils étaient sûrs de gagner la guerre en l'espace des deux ans nécessaires pour construire une telle machine. Ils s'intéressaient plus à des armes nouvelles qu'à des calculateurs. Zuse dut donc renoncer à ses travaux et se remettre à l'ingénierie aéronautique. En 1943, le Z3 et ses plans furent détruits lors des bombardements alliés de Berlin²⁷.

Zuse et Stibitz, travaillant indépendamment l'un de l'autre, avaient tous les deux eu l'idée d'employer des commutateurs à relais pour construire des circuits capables de traiter des calculs en binaire. Comment purent-ils développer cette idée en même temps alors que la guerre et la distance les séparaient ? La réponse est, jusqu'à un certain point, que des avancées dans les domaines technologique et théorique avaient convergé au bon moment. À l'instar de nombreux autres innovateurs, Zuse et Stibitz connaissaient l'usage des relais dans les circuits téléphoniques, et il était raisonnable de les associer à des opérations binaires en mathématiques et en logique. De même,

Shannon, qui lui aussi connaissait très bien les circuits téléphoniques, effectua parallèlement le saut théorique confiant aux circuits électroniques les tâches logiques de l'algèbre de Boole. L'idée que des circuits numériques seraient la clé du calcul automatique s'imposait rapidement aux chercheurs presque partout, même dans des endroits isolés comme le centre de l'Iowa.

John Vincent Atanasoff

Loin de Zuse comme de Stibitz, un autre inventeur effectuait lui aussi des expériences avec des circuits numériques en 1937. Travaillant laborieusement dans un sous-sol quelque part en Iowa, il allait produire la prochaine innovation historique : la construction d'un dispositif de calcul qui, au moins en partie, utilisait des lampes à vide. À certains égards, sa machine était moins avancée que les autres. Elle n'était ni programmable ni polyvalente ; au lieu d'être totalement électronique, elle comprenait quelques éléments mobiles à déplacement lent ; et quand bien même le modèle construit était théoriquement capable de fonctionner, l'inventeur ne put en réalité le rendre opérationnel sur une base fiable. Néanmoins, John Vincent Atanasoff – Vincent pour sa femme et ses amis – mérite la distinction d'être le pionnier qui conçut le premier calculateur numérique partiellement électronique, et il le fit après avoir été frappé par l'inspiration pendant un long et impétueux trajet en voiture une nuit de décembre 1937²⁸.

Né en 1903, Atanasoff est l'aîné des sept enfants d'un immigrant bulgare et d'une femme issue de l'une des plus vieilles familles de Nouvelle-Angleterre. Son père travailla comme ingénieur dans une centrale électrique dirigée par Thomas Edison, puis s'installa avec sa famille dans une localité de la Floride rurale au sud de Tampa. À neuf ans, Vincent aida son père à installer l'électricité dans la maison familiale, et son père lui donna une règle à calcul Dietzgen. « Cette règle à calcul a été mon steak quotidien », se rappellera-t-il en 1984²⁹. Très jeune, il se plongea dans l'étude des logarithmes avec un enthousiasme qui semble un peu délirant quand il en parle avec le plus grand sérieux : « Pouvez-vous vous imaginer comment un gamin de neuf ans qui ne pense qu'au base-ball pourrait être transformé par ce savoir ? Le base-ball a été réduit à presque zéro quand je me suis mis sérieusement aux logarithmes. » Pendant l'été, il calcula le logarithme népérien de 5, puis, avec l'aide de sa mère (qui avait un temps enseigné les maths), il apprit le calcul intégral alors qu'il était encore au collège. Son père l'emmena à l'usine de phosphate où il était ingénieur en électricité pour lui montrer comment fonctionnaient

les génératrices. Timide, créatif et brillant, le jeune Vincent expédia les quatre classes du lycée en deux ans et obtint la mention très bien dans toutes les matières de son double emploi du temps.

À l'université de Floride, il étudia l'ingénierie électrique et son penchant pour les travaux pratiques se manifesta dans sa fréquentation de l'atelier et de la fonderie. Toujours fasciné par les mathématiques, il étudia dans sa première année de licence une preuve relative à l'arithmétique binaire. Créatif et sûr de lui, il décrocha son diplôme avec la moyenne la plus élevée de son époque. Il accepta une bourse d'enseignant-chercheur pour faire une maîtrise en maths et en physique à l'université d'État de l'Iowa et, bien qu'il ait été plus tard admis à Harvard, il maintint sa décision de se diriger vers la petite ville d'Ames, perdue au milieu des champs de maïs.

Atanasoff fit ensuite un doctorat en physique à l'université du Wisconsin, où il eut la même expérience que les autres pionniers de l'informatique, à commencer par Babbage. Sa recherche, qui portait sur la polarisation de l'hélium dans un champ électrique, impliquait de fastidieux calculs. Tandis qu'il se démenait pour résoudre les équations à l'aide d'une additionneuse de bureau, il songeait à des moyens d'inventer un calculateur qui puisse l'aider plus efficacement. Après être revenu à l'université de l'Iowa en tant que maître assistant, il estima que ses diplômes en ingénierie électrique, mathématiques et physique l'avaient préparé à cette tâche.

Sa décision de ne pas rester à l'université du Wisconsin ou de ne pas aller à Harvard ou dans une autre grande université à vocation de recherche ne fut pas sans conséquences. À l'université de l'Iowa, où personne à part lui ne travaillait sur les moyens de construire de nouveaux calculateurs, Atanasoff était livré à lui-même. Il pouvait trouver des idées nouvelles, mais il n'avait pas autour de lui de gens sur qui les tester ou qui pourraient l'aider à triompher de défis dans les domaines de la théorie ou de l'ingénierie. Contrairement à la plupart des innovateurs de l'ère numérique, c'était un inventeur solitaire qui trouvait son inspiration au volant de sa voiture et dans des discussions avec l'étudiant de troisième cycle qui était son assistant. Ce qui se révélerait finalement être un inconvénient.

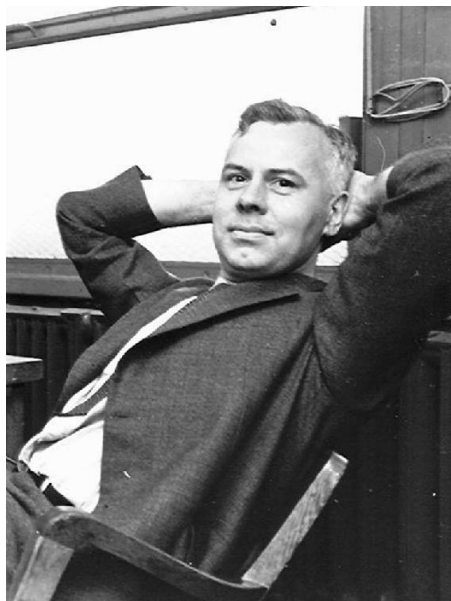
Atanasoff envisageait initialement de construire une machine analogique ; son amour des règles à calcul le conduisit à essayer d'en concevoir une version démesurée en utilisant de la pellicule cinématographique. Mais il se rendit compte que le « film » devrait faire plusieurs centaines de mètres s'il devait résoudre des équations algébriques linéaires avec assez de précision pour répondre à ses besoins. Il construisit aussi un dispositif qui modelait un bloc de

paraffine de façon à résoudre une équation différentielle partielle. Les limitations de ces procédés analogiques le poussèrent à essayer plutôt d'en créer une version numérique.

Le premier problème auquel il s'attaqua fut l'enregistrement des données dans la machine. Il recourut au terme de *mémoire* pour décrire cet élément : « À l'époque, je n'avais qu'une connaissance sommaire des travaux de Babbage et j'ignorais donc qu'il appelait "magasin" le même concept [...] Le mot me plaît et peut-être l'aurais-je adopté si j'avais su ; "mémoire" me plaît aussi, à cause de l'analogie avec le cerveau³⁰. »

Atanasoff fit une liste de « mémoires » possibles : un système mécanique à picots ou clavettes, des relais électromagnétiques, un segment de matériau magnétique qui pouvait être polarisé par une charge électrique, des lampes à vide et de petits condensateurs électriques. Les lampes étaient les plus rapides, mais elles étaient onéreuses. Il opta donc pour les condensateurs, petits composants bon marché capables d'emmagasiner, du moins brièvement, une charge électrique. Cette décision était compréhensible, mais elle signifiait que la machine serait lente et bruyante. Même si l'addition et la soustraction pouvaient s'effectuer à des vitesses électroniques, le processus d'entrée/sortie des nombres dans la mémoire ralentirait la cadence des opérations, bridée par la vitesse du tambour rotatif.

Une fois qu'il eut choisi la forme de l'unité mémoire, Atanasoff se tourna vers la construction de l'unité arithmétique et logique, qu'il appela le « mécanisme de calcul ». Il décida qu'elle devrait être entièrement électronique, ce qui impliquait d'employer des lampes, si onéreuses soient-elles. Elles agiraient comme des commutateurs marche-arrêt pour simuler des portes logiques dans un circuit capable d'additionner, de soustraire et d'accomplir n'importe quelle fonction booléenne.



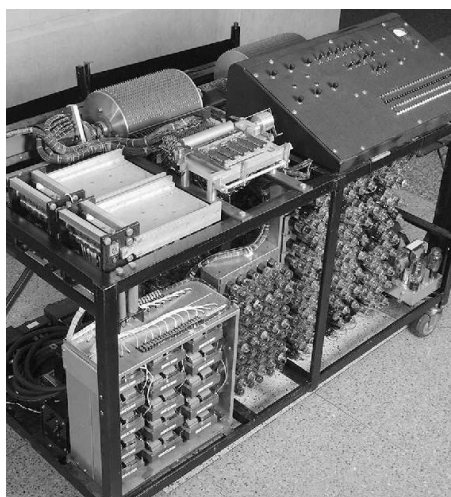
George Stibitz (1904-1995), vers 1945.



Konrad Zuse (1910-1995) avec le calculateur Z4 en 1944.



John Atanasoff (1903-1995), à l'université d'État de l'Iowa, vers 1940.



Reconstitution du calculateur d'Atanasoff.

Ce qui soulevait un problème mathématique comme il les adorait depuis l'enfance : ce système numérique devrait-il être décimal ou binaire, ou s'appuyer sur une autre base numérique ? En vrai fanatique des nombres, Atanasoff explora maintes possibilités. « Un temps, la base 100 sembla assez prometteuse, écrivait-il dans un article inédit. Le même calcul montra que la base qui donne théoriquement la plus grande vitesse de calcul est e , la base du logarithme naturel^{[31](#)}. » Mais le côté pratique l'emporta finalement sur la beauté théorique et Atanasoff choisit la base 2, le système binaire.

Fin 1937, ces idées et d'autres encore s'agitaient dans sa tête comme un « méli-mélo » de concepts qui refusaient de « prendre corps ».

Atanasoff adorait les voitures ; il aimait, quand il le pouvait, changer de voiture chaque année, et en décembre 1937 il disposait d'une Ford neuve avec un puissant moteur V8. Désirant se détendre, il se mit au volant pour une balade nocturne qui deviendrait un moment culte dans l'histoire de l'informatique :

« Une nuit de l'hiver 1937, je souffrais de tout mon corps en essayant de résoudre les problèmes de la machine. Je pris ma voiture et roulai à vive allure un long moment afin de contrôler mes émotions. D'ordinaire, je faisais cela sur quelques kilomètres : j'arrivais à me calmer en me concentrant sur la conduite. Or, cette nuit-là, j'étais excessivement tourmenté, et je roulai sans m'arrêter jusqu'à ce que j'aie franchi le Mississippi et sois entré en Illinois. J'étais à trois cents kilomètres de mon point de départ³². »

Il quitta l'autoroute et s'arrêta dans une gargote en pleine campagne. En Illinois, au moins, contrairement à l'Iowa, il avait le droit de boire de l'alcool ; il se commanda un bourbon-soda, puis un deuxième. « Je me rendis compte que je n'étais plus énervé et mes pensées se tournèrent à nouveau vers les calculateurs. Je ne sais pas pourquoi mon esprit fonctionnait alors qu'il ne fonctionnait pas avant, mais tout était calme et les choses se présentaient bien. » La serveuse était négligente, ce qui permit à Atanasoff de traiter son problème sans être dérangé³³.

Il ébaucha ses idées en les dessinant sur une serviette en papier, puis commença à examiner une série de problèmes pratiques. Le plus important était la méthode de recharge des condensateurs, qui autrement se videraient au bout d'une minute environ. Il eut l'idée de les placer sur des tambours rotatifs, « à peu près de la taille des boîtes d'un litre et demi de jus de légumes V8 », de façon à ce qu'ils viennent en contact une fois par seconde avec des balais de lecture pour renouveler leur charge. « Pendant cette soirée dans le relais routier, j'ai généré dans mon esprit la possibilité d'une mémoire régénérative. À l'époque, j'appelais ça le "coup de coude" qui rafraîchissait la mémoire. » À chaque rotation du tambour, les balais activaient la mémoire des condensateurs et, si besoin était, extrayaient des données des condensateurs et emmagasinaient de nouvelles données. Il trouva aussi une architecture qui prendrait des nombres sur deux tambours différents, puis utiliserait le circuit à lampes pour les additionner ou les soustraire et stocker le résultat en mémoire. Au bout des quelques heures nécessaires pour tout mettre au point, « je remontai dans ma voiture et rentrai chez moi à une vitesse plus modérée³⁴ ».

En mai 1939, Atanasoff était prêt à commencer la construction d'un prototype. Il avait besoin d'un assistant, de préférence un doctorant de troisième cycle avec une expérience en ingénierie. « J'ai ton homme », lui annonça un jour un autre membre du corps enseignant. C'est ainsi qu'il forma un partenariat avec un autre fils d'ingénieur en électricité autodidacte, Clifford Berry³⁵.

Le calculateur fut conçu et câblé dans un seul but : la résolution d'équations linéaires simultanées. Il pouvait traiter jusqu'à vingt-neuf variables. À chaque étape, la machine d'Atanasoff traiterait deux équations et éliminerait l'une des variables, puis imprimerait les équations résultantes sur des cartes perforées binaires de format 20 x 27,5 cm. Ce jeu de cartes avec l'équation allégée serait alors introduit à nouveau dans la machine pour le début d'un nouveau processus qui éliminerait encore une autre variable. Ce qui demandait un certain temps. La machine (si Atanasoff et Berry arrivaient à la faire fonctionner correctement) mettrait presque une semaine pour venir à bout d'un ensemble de vingt-neuf équations. Il n'empêche que des humains exécutant la même tâche sur des calculatrices de bureau mettraient au moins dix semaines.

Atanasoff présenta une démonstration avec un prototype simplifié fin 1939 et, dans l'espoir de trouver un financement pour construire une machine complète, dactylographia une proposition de trente-cinq pages, dont il fit quelques copies avec du papier carbone : « Le principal dessein de ce mémoire est de présenter la description et l'exposition d'une machine à calculer qui a été essentiellement conçue pour la solution de vastes systèmes d'équations algébriques linéaires. » Comme pour parer des critiques soulignant que c'était là un objectif étiré pour une machine aussi volumineuse, Atanasoff spécifiait ensuite une longue liste de problèmes exigeant la résolution de ce type d'équations : « calibrage de courbes... problèmes de vibrations... analyse de circuits électriques... structures élastiques. » Il concluait par une liste détaillée des dépenses envisagées, totalisant la coquette somme de 5 330 dollars, qu'il obtint finalement de la part d'une fondation privée³⁶. Il envoya ensuite une des copies de sa proposition à un conseil en brevets de Chicago au service de l'université de l'Iowa, lequel, par une négligence coupable qui allait créer des décennies de controverses historiques et juridiques, ne prit jamais la peine de déposer le moindre dossier de brevet.

En septembre 1942, le modèle définitif de la machine d'Atanasoff

était déjà presque terminé. Il était de la taille d'un gros bureau et contenait près de trois cents lampes. Il y avait toutefois un problème : le mécanisme qui produisait des étincelles pour perforer les cartes ne fonctionna jamais correctement, et à l'université d'État de l'Iowa il n'y avait pas d'équipes de mécaniciens et d'ingénieurs à qui il aurait pu s'adresser pour obtenir de l'aide.

À ce stade, les travaux cessèrent. Atanasoff fut mobilisé dans la Marine et affecté au Laboratoire naval des munitions au Maryland, où il travailla sur les mines acoustiques ; il assista plus tard aux essais de la bombe atomique sur l'atoll de Bikini. Se désintéressant du calcul automatique pour embrasser l'ingénierie des munitions, il demeura un inventeur, avec trente brevets à son actif, dont l'un sur un dispositif de dragage de mines. Mais aucun pour son calculateur.

Le calculateur d'Atanasoff aurait pu être une étape importante, mais il fut, au propre comme au figuré, relégué à la poubelle de l'Histoire. La machine presque fonctionnelle fut entreposée au sous-sol du bâtiment de physique de l'université et, quelques années plus tard, apparemment plus personne ne savait à quoi elle servait. Lorsqu'il fallut faire de la place en 1948, un étudiant de troisième cycle, qui n'en reconnut pas la nature, la démontra et mit la plupart des pièces au rebut³⁷. Souvent, les premiers ouvrages consacrés à l'ère de l'informatique ne mentionnent même pas Atanasoff.

Même si elle avait fonctionné correctement, sa machine avait des limitations. Le circuit à lampes effectuait des calculs à la vitesse de l'éclair, mais les unités mémoire à rotation mécanique ralentissaient énormément le processus. Tout comme le système de perforation thermique des cartes, même quand il fonctionnait. Pour être vraiment rapides, il faudrait que les calculateurs modernes soient *entièrement* électroniques, et non en partie. Le modèle d'Atanasoff n'était pas non plus programmable. Il était conçu pour faire une seule chose : résoudre des équations linéaires.

L'attrait romantique durable d'Atanasoff vient du fait que c'était un solitaire qui bricolait dans son atelier en sous-sol, avec pour seul compagnon le jeune Clifford Berry. Or son histoire prouve que nous ne devrions pas conférer une auréole romantique à pareils marginaux. Comme Babbage – mais pour des raisons totalement différentes –, Atanasoff n'arriva jamais à produire un modèle parfaitement fonctionnel. S'il avait été aux laboratoires Bell, au milieu de nuées de techniciens, d'ingénieurs et de réparateurs, ou dans une grande université à vocation de recherche, une solution aurait été trouvée pour rectifier le lecteur de cartes et améliorer d'autres éléments boiteux de sa machine. En outre, lorsqu'Atanasoff, mobilisé, dut

rejoindre la Marine en 1942, il serait resté des membres de l'équipe pour mettre la dernière main à la machine, ou du moins se rappeler pourquoi elle avait été construite.

Ce qui épargna à Atanasoff de n'être qu'une note de bas de page oubliée est quelque peu ironique, vu le ressentiment qu'il éprouva plus tard à propos de cet événement. C'était une visite que lui rendit en juin 1941 un de ces chercheurs qui, au lieu de trimer laborieusement dans son coin, adorait se déplacer, attraper des idées au vol et travailler avec des équipes. Le voyage en Iowa de John Mauchly serait plus tard le sujet de procès coûteux, d'accusations amères et de récits historiques antagonistes. Mais c'est ce qui arracha Atanasoff à l'obscurité et fit avancer l'histoire de l'informatique.

John Mauchly

Au début du ^{xx}e siècle, il se développa aux États-Unis, comme plus tôt en Grande-Bretagne, une classe de gentlemen savants qui se réunissaient sous les lambris de clubs d'explorateurs et autres instituts d'exception, où ils aimaient partager des idées, écouter des conférences et collaborer à divers projets. John Mauchly (prononcé « maukli ») fut élevé dans cette ambiance. Son père, physicien, était un des directeurs de recherche au département du magnétisme terrestre de l'institution Carnegie, basée à Washington, fondation américaine la plus en pointe pour promouvoir le progrès et le partage de la recherche. Sa spécialité : relever les variations de la charge électrique dans l'atmosphère et les associer à la météorologie, entreprise collégiale qui impliquait la coordination de chercheurs du Groenland au Pérou³⁸.

En grandissant à Chevy Chase, le jeune John fut exposé à la communauté scientifique de plus en plus nombreuse de cette banlieue de Washington. « Chevy Chase semblait concentrer presque tous les scientifiques de Washington, se vantait-il. Le directeur de la division des Poids et Mesures du Bureau des normalisations habitait à côté de chez nous. Comme le directeur de la division de la Radio du même bureau. » Le directeur de la Smithsonian Institution était lui aussi un voisin. John passa de nombreux week-ends à faire des calculs pour son père avec une additionneuse de bureau, et développa une passion pour la météorologie sur base de données. Il adorait aussi les circuits électriques. Avec ses jeunes amis du voisinage, il posa les lignes d'interphones qui reliaient leurs domiciles et fabriqua des télécommandes pour lancer des feux d'artifice lors de soirées. « Quand j'appuyais sur le bouton, les feux d'artifice partaient à quinze mètres de là. » À quatorze ans, il gagnait de l'argent en aidant les gens du

quartier à réparer leur installation électrique³⁹.

En licence à l'université Johns Hopkins, Mauchly s'inscrit à un module permettant à des étudiants exceptionnellement doués de passer directement dans un programme de doctorat en physique. Il fit sa thèse sur la spectroscopie des bandes d'ondes lumineuses parce qu'elle combinait la beauté des expériences et de la théorie. « Il fallait savoir un peu de théorie pour comprendre en quoi consistaient les spectres de bande, mais ça ne servait à rien si vous n'aviez pas les photographies expérimentales du spectre en question, et qui va faire ça à votre place ? Personne, à part vous. Alors j'ai eu pas mal de formation pratique : souffler du verre, utiliser une pompe à vide, détecter les fuites, etc.⁴⁰ »

Mauchly avait une personnalité engageante, le désir d'enseigner et une aptitude merveilleuse à expliquer les choses, aussi était-ce naturel qu'il devienne professeur d'université. Pareils postes étaient difficiles à trouver pendant la Dépression, mais il réussit à en décrocher un à Ursinus College, à une heure de voiture au nord-est de Philadelphie. « J'étais le seul à enseigner la physique là-bas⁴¹. »

Une composante essentielle de la personnalité de Mauchly était qu'il aimait partager des idées – en général avec un large sourire et un certain flair –, ce qui faisait de lui un enseignant immensément populaire. « Il adorait parler et semblait développer nombre de ses idées dans des échanges pendant la conversation, se rappelle un collègue. John adorait les fêtes et les réunions, il aimait la bonne chère et les alcools de qualité. Il aimait les femmes, les jeunes pousses attirantes, les gens intelligents et ceux qui sortaient de l'ordinaire⁴². » On prenait des risques en lui posant une question, car il était capable de discourir sérieusement et passionnément sur presque n'importe quel sujet, du théâtre à la physique, en passant par la littérature.

Devant une classe, il se donnait en spectacle. Pour expliquer le concept de moment, il tourbillonnait les bras écartés puis plaqués le long du corps ; pour illustrer l'action et la réaction, il montait sur une planche à roulettes de sa fabrication et se trémoussait par secousses d'arrière en avant, numéro qui le conduisit une fois à tomber et se casser le bras. À des kilomètres à la ronde, on se déplaçait en voiture pour écouter juste avant Noël sa conférence de fin de trimestre, pour laquelle Ursinus College ouvrait son plus grand amphithéâtre afin d'accueillir tous les visiteurs. Il expliquait alors comment la spectrographie et d'autres outils de la physique pouvaient servir à déterminer ce qui était à l'intérieur d'un paquet sans le déballer. Sa femme raconte qu'« il le mesurait, il le pesait, il le mettait sous l'eau, il le sondait avec une grande aiguille⁴³ ».

Dans le droit fil de sa fascination précoce pour la météorologie, la recherche de Mauchly au début des années 1930 était axée sur l'influence éventuelle des éruptions solaires, des taches solaires et de la rotation du Soleil sur les schémas météorologiques de longue durée. Les chercheurs de l'institution Carnegie et du Bureau météorologique américain lui communiquèrent trente années de relevés journaliers issus de deux cents stations, et il entreprit de calculer des corrélations. Il réussit (c'était la Dépression, ne l'oublions pas) à racheter pour une bouchée de pain des additionneuses de bureau d'occasion à des banques en difficulté et à engager via l'Administration nationale de la jeunesse créée par le New Deal un groupe de jeunes gens pour faire des calculs rémunérés cinquante *cents* de l'heure⁴⁴.

Comme d'autres chercheurs dont les travaux exigeaient de fastidieux calculs, Mauchly brûlait d'inventer une machine pour les exécuter. Aidé par son caractère sociable, il entreprit de découvrir ce que faisaient les autres et, dans la tradition des grands innovateurs, de rassembler des idées diverses. En 1939, à l'Exposition universelle de New York, il remarqua dans le pavillon IBM un calculateur électrique à cartes perforées, mais il se rendit compte que ce système serait trop lent vu la masse de données qu'il lui fallait traiter. Il vit aussi une machine à chiffrer les messages qui utilisait des lampes à vide. Pourrait-on utiliser des lampes pour d'autres circuits logiques ? Il emmena ses étudiants dans une excursion pédagogique à Swarthmore College observer les dispositifs de comptage dotés de circuits à lampes pour mesurer les décharges ionisantes des rayons cosmiques⁴⁵. Il prit aussi des cours du soir en électronique et commença à faire des expériences avec ses propres circuits à lampes câblés à la main pour voir de quoi ils étaient capables.

Lors d'un congrès à Dartmouth College, dans l'État du New Hampshire, en septembre 1940, Mauchly assista à une démonstration par George Stibitz du « calculateur de nombres complexes » qu'il avait construit aux laboratoires Bell. Cette démonstration était d'autant plus fascinante que le calculateur de Stibitz se trouvait dans l'immeuble de Bell à Manhattan et qu'il transmettait des données par télétype. Ce fut le premier calculateur à être utilisé à distance. Trois heures durant, il résolut des problèmes soumis par l'assistance, prenant environ une minute pour chacun. Parmi les spectateurs se trouvait Norbert Wiener, pionnier de la systémique de l'information, qui essaya de coller la machine en lui demandant de diviser un nombre par zéro. La machine ne tomba pas dans le piège. Il y avait là aussi l'émigré hongrois John von Neumann, cet esprit universel qui allait bientôt jouer avec Mauchly un rôle majeur dans le développement des calculateurs⁴⁶.

Lorsqu'il décida de construire son propre calculateur à lampes,

Mauchly fit ce que font judicieusement les bons innovateurs : il s'inspira de toutes les informations qu'il avait glanées au cours de ses voyages. Ursinus College n'ayant pas de budget de recherche, Mauchly paya les lampes de sa poche et essaya d'en soutirer gratuitement aux fabricants. Il écrivit à la Supreme Instrument Corp. pour demander des composants en déclarant : « J'ai l'intention de construire une machine à calculer électrique⁴⁷. » Il découvrit lors d'une visite chez RCA que des lampes au néon pouvaient elles aussi servir de commutateurs ; elles étaient plus lentes mais moins chères que les lampes à vide, et il en acheta un stock à huit cents pièce. « Avant novembre 1940, dirait plus tard sa femme, Mauchly avait testé avec succès certains composants de son projet d'ordinateur et s'était persuadé qu'il était possible de construire une machine numérique simple et bon marché en n'utilisant que des éléments électroniques. » Ce qui se passa, soulignait-elle, avant qu'il n'ait ne serait-ce qu'entendu parler d'Atanasoff⁴⁸.

Fin 1940, il confia à plusieurs amis qu'il espérait rassembler toutes ces informations pour fabriquer un calculateur électronique numérique. « Nous envisageons maintenant la construction d'une machine à calculer électronique, écrivait-il en novembre à un météorologiste avec qui il avait travaillé. Cette machine exécuterait ses opérations en 1/200^e de seconde environ en utilisant des relais à lampes électroniques⁴⁹. » Il avait beau aimer la collaboration et glaner des informations auprès de beaucoup de gens, il développa un esprit de compétition et voulut être le premier à construire un nouveau type de calculateur. En décembre, il écrivait à un ancien étudiant : « Pour votre information personnelle, je m'attends à avoir, dans un an ou deux, quand je pourrai trouver le matériel et le monter, une machine à calculer électronique [...] Gardez-le pour vous, puisque cette année je n'ai pas encore le matériel nécessaire et que j'aimerais bien être "le premier"⁵⁰. »

Ce mois-là, en décembre 1940, donc, il se trouva que Mauchly rencontra Atanasoff, déclenchant alors une série d'événements suivie par des années de polémiques autour de sa propension à agréger des informations de différentes sources et de son désir « d'être le premier ». Atanasoff, qui participait à un colloque à l'université de Pennsylvanie, assista à une séance où Mauchly proclamait son espoir de construire une machine pour analyser les données météorologiques. Ensuite, Atanasoff l'aborda et lui dit qu'il avait construit un calculateur électronique à l'université de l'Iowa. Mauchly nota à la hâte sur son programme du colloque qu'Atanasoff prétendait avoir conçu une machine capable de traiter et de stocker des données pour

un coût de 2 dollars seulement par chiffre. (La machine d'Atanasoff pouvait traiter trois mille chiffres et coûtait environ 6 000 dollars.) Mauchly n'en revenait pas. Il estimait que le coût d'un calculateur à lampes serait de presque 13 dollars par chiffre. Il déclara qu'il voulait bien voir ça et Atanasoff l'invita à se rendre en Iowa.

Pendant toute la première moitié de 1941, Mauchly correspondit avec Atanasoff et continua de s'émerveiller du modeste prix de revient qu'il attribuait à sa machine. « Moins de 2 dollars par chiffre me semble pratiquement impossible et pourtant c'est ce que j'ai cru vous entendre dire, écrivait-il. Votre suggestion d'une visite en Iowa m'a semblé plutôt irréaliste la première fois que vous l'avez faite, mais je commence à m'habituer à cette idée. » Atanasoff le pressa d'accepter. « À titre d'incitation supplémentaire, je vous expliquerai cette histoire de 2 dollars par chiffre », lui promit-il⁵¹.

Mauchly chez Atanasoff

Cette visite fatidique dura quatre jours en juin 1941⁵². Mauchly vint en voiture de Washington et arriva tard dans la soirée du vendredi 13 juin, accompagné de son fils Jimmy, six ans, à la grande surprise de l'épouse d'Atanasoff, Lura, qui n'avait pas encore préparé la chambre d'amis : « J'ai été obligée de me démenier de tous les côtés, de monter au grenier, d'aller chercher des oreillers supplémentaires, et tout le reste⁵³. » Elle leur prépara aussi un souper, puisqu'ils avaient faim en arrivant. Les Atanasoff avaient trois enfants, mais Mauchly escomptait apparemment que Lura s'occupe de Jimmy pendant leur séjour, ce qu'elle fit, à contrecœur. Elle prit Mauchly en grippe. « Je ne crois pas qu'il soit honnête », dit-elle à son mari⁵⁴.

Atanasoff était impatient d'exhiber sa machine partiellement construite, alors même que sa femme s'inquiétait de sa confiance excessive. « Tu dois rester sur tes gardes jusqu'à ce que [la machine] soit brevetée », l'avertit-elle. Néanmoins, le lendemain matin, Atanasoff emmena Mauchly, avec Lura et les enfants, au sous-sol du bâtiment de physique et retira fièrement un drap pour révéler ce sur quoi Berry et lui-même étaient en train de bricoler.

Mauchly fut impressionné par certains détails. L'emploi de condensateurs dans l'unité mémoire était ingénieux et économique, tout comme la méthode d'Atanasoff pour les recharger toutes les secondes environ en les plaçant sur des tambours rotatifs. Mauchly, qui avait songé à utiliser des condensateurs au lieu des lampes à vide, plus onéreuses, admira le procédé du « coup de coude » qui permettait le fonctionnement de la mémoire. Tel était le secret d'un calculateur

qui pouvait être construit pour 2 dollars par chiffre. Après avoir lu le mémorandum de trente-deux pages où Atanasoff décrivait la machine en détail et avoir pris des notes, Mauchly lui demanda s'il pouvait en emporter un double chez lui. Atanasoff refusa, d'une part parce qu'il n'avait pas de doubles à donner (les photocopieuses n'avaient pas encore été inventées), et d'autre part parce qu'il commençait à trouver que Mauchly lui soutirait trop d'informations⁵⁵.

Or Mauchly ne fut guère inspiré par ce qu'il avait vu à Ames – ou du moins c'est ce qu'il affirma rétrospectivement. Son objection la plus importante était que la machine d'Atanasoff n'était pas complètement électronique, mais utilisait des tambours à condensateurs mécaniques pour sa mémoire. Ce qui réduisait les coûts, mais la rendait très lente. « J'ai pensé que cette machine était très ingénieuse, mais puisqu'elle était en partie mécanique, avec des commutateurs rotatifs, elle n'était pas du tout ce que j'avais à l'esprit », se rappela Mauchly. Plus tard, dans sa déposition lors du procès sur la validité de ses brevets, Mauchly déclara que la nature semi-mécanique de la machine d'Atanasoff était « une déception plutôt sévère » et qu'il l'avait rejetée « comme un gadget mécanique qui fonctionne avec quelques lampes électroniques⁵⁶ ».

La deuxième déception, soutenait Mauchly, était que la machine d'Atanasoff était conçue dans un but unique et ne pouvait être ni programmée ni modifiée pour exécuter d'autres tâches : « Il n'avait rien fait pour que cette machine soit prévue pour être autre chose qu'une machine monotâche et résoudre des ensembles d'équations linéaires⁵⁷. »

Mauchly repartit donc de l'Iowa non pas avec un concept novateur pour construire un calculateur, mais avec une poignée d'intuitions plus modestes qu'il ajouterait au panier d'idées recueillies consciemment ou inconsciemment dans des colloques, des universités et des expositions. « Je suis allé en Iowa dans le même état d'esprit où je suis allé à l'Exposition universelle et dans d'autres endroits, dit-il dans sa déposition : y a-t-il ici quelque chose qui pourrait faciliter mes calculs ou ceux de quelqu'un d'autre⁵⁸ ? »

Comme la plupart des gens, Mauchly glanait des intuitions à partir d'un éventail d'expériences, de conversations et d'observations – en l'occurrence à Swarthmore, à Dartmouth, aux laboratoires Bell, chez RCA, à l'Exposition universelle, à l'université de l'Iowa et ailleurs –, puis les combinait pour en faire des idées qu'il s'appropriait. « Une idée nouvelle vient brusquement et d'une manière plutôt intuitive, mais l'intuition n'est que le résultat d'une expérience intellectuelle antérieure », dit un jour Einstein. Quand les gens prennent des

intuitions à de multiples sources et les rassemblent, ils trouvent naturel de penser que ce sont leurs propres idées – ce qu'elles sont en vérité. C'est ainsi que naissent toutes les idées. Mauchly considérait donc comme siennes ses intuitions et pensées sur la manière de construire un calculateur et non comme une besace pleine d'idées qu'il avait dérobées à d'autres personnes. Et malgré des conclusions juridiques ultérieures, il avait en grande partie raison, dans la mesure où n'importe qui peut avoir raison de penser que ses idées lui appartiennent. C'est ainsi que fonctionne le processus créatif – mais peut-être pas le processus de brevet.

Contrairement à Atanasoff, Mauchly avait l'occasion et le désir de collaborer avec une équipe aux talents variés. Par conséquent, au lieu de produire une machine pas tout à fait fonctionnelle et qui fut abandonnée dans un sous-sol, lui et son équipe resteraient dans l'Histoire comme les inventeurs du premier calculateur électronique universel.

Alors qu'il se préparait à quitter l'Iowa, Mauchly apprit une nouvelle agréable : il avait été accepté dans un cours d'électronique à l'université de Pennsylvanie, l'un des nombreux cours financés un peu partout aux États-Unis par le ministère de la Guerre dans le cadre de l'état d'urgence. C'était l'occasion rêvée de compléter ses connaissances sur l'usage des lampes à vide dans les circuits électroniques, qui, il en était désormais convaincu, étaient le meilleur moyen de fabriquer des calculateurs. Cela montrait aussi l'importance des militaires dans l'encouragement de l'innovation à l'ère numérique.

Pendant ses dix semaines de cours à l'été 1941, Mauchly eut l'occasion de travailler avec une version de l'« analyseur différentiel » du MIT, ce calculateur analogique conçu par Vannevar Bush. L'expérience stimula son intérêt pour la construction de son propre calculateur. Elle lui fit aussi prendre conscience que les ressources disponibles pour y procéder dans un établissement comme « Penn » étaient bien plus importantes qu'à Ursinus College, aussi accepta-t-il avec enthousiasme un poste de chargé de cours à l'université lorsqu'on le lui proposa à la fin de l'été.



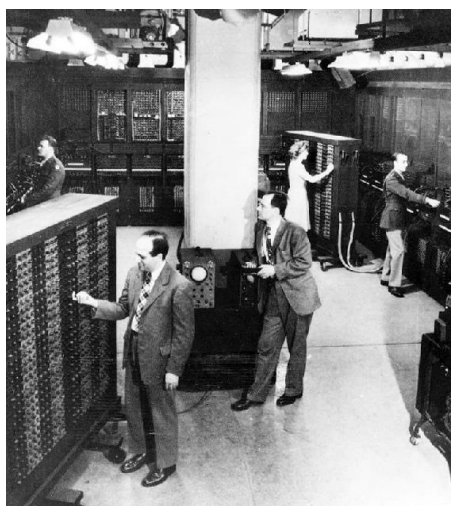
Howard Aiken (1900-1973) à Harvard en 1945.



John Mauchly (1907-1980) vers 1945.



J. Presper Eckert (1919-1995) vers 1945.



Eckert (touchant la machine), Mauchly (près du pilier), Jean Jennings (au fond) et Herman Goldstine (à côté de J. Jennings) avec l'ENIAC en 1946.

Mauchly communiqua la bonne nouvelle dans une lettre à Atanasoff, mais celle-ci contenait aussi des indices révélateurs d'un projet qui troubla le professeur de l'Iowa. « Un certain nombre d'idées me sont venues récemment à propos des circuits de calcul – dont certaines, plus ou moins hybrides, combinent vos méthodes avec d'autres choses, et certaines n'ont rien à voir avec votre machine, écrivait honnêtement Mauchly. La question qui m'occupe l'esprit est

celle-ci : y a-t-il une objection, de votre point de vue, à ce que je construise une sorte de calculateur qui intègre certaines des caractéristiques de votre machine⁵⁹ ? » Il n'est guère aisé de dire, en se fondant sur cette lettre, ou sur les explications, dépositions et témoignages subséquents échelonnés au cours des années suivantes, si le ton innocent de Mauchly était sincère ou simulé.

Quoi qu'il en soit, cette lettre contraria Atanasoff, qui n'avait pas encore réussi à inciter son avocat à déposer la moindre demande de brevet. Il répondit à Mauchly sur un ton plutôt brusque quelques jours plus tard : « Notre conseil a souligné la nécessité d'être prudents quant à la dissémination d'informations sur notre appareil tant qu'une demande de brevet n'aura pas été enregistrée. Ce qui ne devrait pas prendre trop de temps, et, évidemment, je ne regrette pas de vous avoir informé sur notre appareil, mais la situation exige que nous nous retenions pour l'instant d'en rendre publics les détails⁶⁰. » Fait surprenant, cette correspondance n'incita toujours pas Atanasoff ni le juriste à déposer une demande de brevet.

Pendant l'automne 1941, Mauchly continua de progresser dans la conception de son calculateur, dont il croyait à juste titre qu'il s'inspirait d'un large éventail de sources et était très différent de celui qu'avait construit Atanasoff. Pendant son cours d'électronique de l'été, il avait rencontré le partenaire idéal pour le rejoindre dans son entreprise : un étudiant de troisième cycle doté d'une passion perfectionniste pour l'ingénierie de précision et tellement compétent en électronique qu'il était son enseignant au laboratoire alors même qu'il avait, à vingt-deux ans, douze ans de moins que lui et n'avait pas encore obtenu son doctorat.

J. Presper Eckert

J. Presper Eckert – John Adam Presper Eckert Jr pour l'état civil et « Pres » pour les intimes – était le fils unique d'un promoteur immobilier milliardaire de Philadelphie⁶¹. L'un de ses arrière-grands-pères, Thomas Mills, inventa les machines qui produisaient le caramel salé, spécialité d'Atlantic City, et, tout aussi important, créa une entreprise pour les fabriquer et les vendre. Jeune garçon, Eckert était conduit par le chauffeur de la famille à la William Penn School, établissement privé fondé en 1689. Toutefois il ne dut pas sa réussite au privilège de sa naissance, mais à ses propres talents. Il remporta le premier prix dans un salon des sciences organisé par la ville en construisant un système de guidage pour les maquettes de bateaux à base d'aimants et de rhéostats, et à quatorze ans il conçut une méthode inédite pour utiliser le courant du secteur afin d'éliminer les

pires qui causaient des problèmes dans le système d'interphone d'un des immeubles de son père⁶².

Au lycée, Eckert éblouit ses camarades avec ses inventions, et gagna de l'argent en construisant des postes de radio, des amplificateurs et des chaînes hi-fi. Philadelphie, la ville de Benjamin Franklin, était alors un grand centre de l'électronique, et Eckert avait ses entrées au laboratoire de Philo Farnsworth, l'un des inventeurs de la télévision. Bien qu'il ait été accepté par le MIT et soit disposé à y aller, ses parents ne voulurent pas qu'il parte. Prétendant avoir subi des pertes financières pendant la Dépression, ils firent donc pression sur lui pour qu'il s'inscrive à l'université de Pennsylvanie et reste chez eux. Il se rebella en revanche contre leur souhait de le voir étudier le commerce ; au lieu de quoi il s'inscrivit à l'école Moore d'ingénierie électrique parce qu'il trouvait cette matière plus intéressante.

La popularité d'Eckert à Penn culmina avec son invention de ce qu'il appelait un « osculomètre », instrument censé mesurer la passion et l'électricité romantique d'un baiser (en latin *osculum*). Un couple tenait les poignées de l'appareil puis échangeait un baiser, le contact des lèvres fermant un circuit électrique. Une série d'ampoules s'allumaient alors, le but étant de s'embrasser assez passionnément pour les allumer toutes les dix et déclencher une corne de brume. Les concurrents avertis savaient que les baisers humides et les mains moites augmentaient la conductivité du circuit⁶³. Eckert inventa également un dispositif utilisant une méthode de lumière modulée pour enregistrer du son sur une pellicule cinématographique et réussit à le faire breveter ; il avait alors vingt et un ans et était encore étudiant de licence⁶⁴.

Pres Eckert avait ses petites manies. Remonté à bloc, il arpentait nerveusement la pièce, se rongait les ongles et, à l'occasion, montait sur un bureau quand il réfléchissait. Il portait une chaîne de montre sans montre et la faisait tourner entre ses doigts comme un rosaire. Il avait un tempérament vif qui flambait avant de retomber en mode charmeur. Son exigence de perfection lui venait de son père, qui faisait le tour de ses chantiers muni d'un gros paquet de crayons de couleur dont il se servait pour griffonner des instructions dans des teintes différentes pour indiquer quel ouvrier était responsable. « Il était plutôt du genre perfectionniste et veillait à ce que le travail soit bien fait, racontait son fils. Mais il avait vraiment beaucoup de charme. La plupart du temps, il obtenait des résultats en comptant sur la bonne volonté des gens. » Ingénieur modèle, Eckert avait l'impression que des gens comme lui étaient les compléments indispensables de physiciens tels que Mauchly : « Un physicien est celui qui s'occupe de la vérité, dirait-il plus tard. Un ingénieur est

celui qui s'occupe de faire le boulot⁶⁵. »

L'ENIAC

La guerre mobilise la science. Au fil des siècles, quand, par exemple, les Grecs de l'Antiquité inventèrent la catapulte ou que Léonard de Vinci servit comme ingénieur militaire de César Borgia, les exigences guerrières n'ont cessé d'impulser des avancées technologiques, et ce fut particulièrement vrai au milieu du ^{XX}^e siècle. Bien des prouesses technologiques essentielles de cette époque – les ordinateurs, l'énergie atomique, le radar et Internet – eurent une genèse militaire.

L'entrée des États-Unis dans la Seconde Guerre mondiale en décembre 1941 fournit l'élan nécessaire pour financer la machine que concevaient Mauchly et Eckert. L'université de Pennsylvanie et le département des munitions au Centre d'essais d'Aberdeen se virent confier la tâche de produire les livrets de réglages d'angle de tir nécessaires aux pièces d'artillerie en route pour l'Europe. Afin de pointer correctement les canons, il fallait des tables tenant compte de centaines de facteurs, dont la température, le degré hygrométrique, la vitesse des vents, l'altitude et les différentes variétés de poudre.

La création d'une table pour une seule catégorie d'obus tiré par une pièce particulière pouvait parfois exiger le calcul de trois mille trajectoires à partir d'un ensemble d'équations différentielles. Cette tâche était souvent exécutée à l'aide d'un des analyseurs différentiels inventés au MIT par Vannevar Bush. Les calculs de la machine étaient combinés avec le travail de plus de cent soixante-dix personnes, des femmes pour la plupart – les « calculatrices » –, qui s'attaquaient aux équations en appuyant sur les touches et en actionnant les manivelles d'additionneuses de bureau. Des enseignantes ou étudiantes en mathématiques furent recrutées d'un bout à l'autre des États-Unis. Mais malgré tous ces efforts il fallait plus d'un mois pour achever une seule table de tir. À l'été 1942, il était déjà clair que la production prenait de plus en plus de retard, ce qui handicapait certaines des pièces d'artillerie américaines.

En août 1942, Mauchly rédigea un mémoire qui proposait un moyen d'aider l'armée à relever ce défi. Il allait changer le destin de l'informatique. Intitulé « L'utilisation de dispositifs à base de lampes à vide rapides pour le calcul », ce mémoire sollicitait un financement pour la machine qu'Eckert et lui-même étaient en train de construire : un calculateur électronique numérique utilisant des circuits à lampes, qui pourrait résoudre des équations différentielles et exécuter d'autres

tâches mathématiques. « Un gain important dans la vitesse de calcul peut être obtenu si les dispositifs utilisés emploient des moyens électroniques », affirmait Mauchly. Plus loin, il estimait que la trajectoire d'un projectile pourrait se calculer en « cent secondes »⁶⁶.

Le mémoire de Mauchly fut ignoré par les administrateurs de l'université de Pennsylvanie, mais il fut porté à l'attention de l'officier de l'armée de terre attaché à l'établissement, le lieutenant (bientôt capitaine) Herman Goldstine, vingt-neuf ans, qui avait été professeur de mathématiques à l'université du Michigan. Sa mission était d'accélérer la production des tables de tir, et il avait envoyé son épouse Adele, mathématicienne elle aussi, en mission dans une tournée des États-Unis pour recruter encore d'autres femmes qui rejoindraient les bataillons de calculatrices humaines à Penn. Le mémoire de Mauchly le persuada qu'il y avait mieux à faire.

La décision du ministère de la Guerre américain de financer le calculateur électronique tomba le 9 avril 1943. Mauchly et Eckert veillèrent toute la nuit précédente pour élaborer leur proposition, mais ils ne l'avaient pas encore achevée lorsqu'ils montèrent en voiture pour le trajet de deux heures entre Philadelphie et le Centre d'essais d'Aberdeen dans le Maryland, où étaient réunis les responsables du département des munitions. Le lieutenant Goldstine conduisait pendant que Mauchly et Eckert, assis à l'arrière, rédigeaient les sections restantes de leur texte, et quand ils arrivèrent à Aberdeen, ils continuèrent de travailler dans une petite salle tandis que Goldstine se rendait à la réunion. Elle était dirigée par Oswald Veblen, président de l'Institut d'études avancées de Princeton, l'expert qui conseillait les militaires pour les projets mathématiques. Le colonel Leslie Simon, directeur du Laboratoire de recherche balistique de l'armée de terre, était également présent. Goldstine se souvint de ce qui se passa : « Après avoir brièvement écouté ma présentation en se balançant sur les pieds arrière de sa chaise, Veblen laissa retomber la chaise avec fracas, se leva et dit : "Simon, donnez l'argent à Goldstine." Après quoi il quitta la salle et la réunion se termina sur une note positive⁶⁷. »

Mauchly et Eckert incorporèrent le texte de leur mémoire à un article qu'ils intitulèrent « Report on an Electronic Diff. Analyser ». L'abréviation *diff.*, délibérément ambiguë, désignait à la fois le substantif *differences*, qui reflétait la nature numérique de la machine « à différences » proposée, et l'adjectif *differential*, allusion aux équations différentielles qu'elle allait traiter. Elle reçut bientôt un nom plus facile à retenir : ENIAC, pour *Electronic Numerical Integrator and Computer* – « intégrateur et calculateur numérique électronique ».

Même si l'ENIAC était à l'origine principalement conçu pour traiter des équations différentielles, indispensables au calcul des trajectoires de projectiles, Mauchly ajouta qu'il pourrait comporter un « dispositif de programmation » lui permettant d'exécuter d'autres tâches, le rapprochant d'un calculateur universel⁶⁸.

La construction de l'ENIAC commença en juin 1943. Mauchly, qui continuait d'assurer ses cours, servait en tant que conseiller et visionnaire. Goldstine, en tant que représentant de l'armée de terre, supervisait les opérations et le budget. Et Eckert, avec sa passion du détail et de la perfection, était l'ingénieur en chef. Il finit par se dévouer tellement au projet qu'il lui arrivait parfois de dormir à côté de la machine. Une nuit, pour plaisanter, deux ingénieurs soulevèrent son lit de camp et le transportèrent délicatement dans une salle identique à l'étage immédiatement supérieur ; quand il se réveilla, il crut brièvement que la machine avait été volée⁶⁹.

Eckert, qui savait bien que de grandioses conceptions ne valent pas grand-chose sans la précision de l'exécution (leçon qu'apprit Atanasoff à ses dépens), ne cachait pas son penchant pour la micro-gestion. Il tournait autour des autres ingénieurs et leur disait où faire une soudure ou plier un fil électrique : « Je contrôlais le travail de chaque ingénieur et vérifiais les calculs de toutes les résistances de la machine pour m'assurer que tout était fait correctement. » Il méprisait quiconque refusait de s'intéresser à un problème jugé trivial. « La vie est faite d'une concentration de questions triviales, dit-il un jour. Un calculateur n'est assurément rien d'autre qu'une gigantesque concentration de questions triviales⁷⁰. »

Eckert et Mauchly s'équilibraient mutuellement, schéma typique de tant de duos de décideurs à l'ère numérique. Eckert harcelait ses collaborateurs avec sa passion de la précision ; Mauchly avait tendance à les calmer et leur donner l'impression d'être aimés. D'après Eckert, « il était toujours en train de taquiner les gens et de plaisanter avec eux. Et il présentait bien. » Eckert, dont les compétences techniques s'accompagnaient d'une énergie nerveuse et d'une capacité d'attention fragmentée, avait fortement besoin d'un partenaire intellectuel pour tester ses idées, et Mauchly adorait jouer ce rôle. Bien que n'étant pas ingénieur lui-même, il avait le don exemplaire de connecter les théories scientifiques avec les exigences pratiques de l'ingénierie. « On s'est mis ensemble et on a fait ce truc, et je ne crois pas qu'on l'aurait fait tous seuls chacun de notre côté », admettrait Eckert plus tard⁷¹.

L'ENIAC était numérique, mais au lieu d'un système binaire à base

de zéros et de uns, il utilisait un système décimal avec des compteurs à dix chiffres. À cet égard, il ressemblait plus à un ordinateur moderne. En outre, il était plus avancé que les machines construites par Atanasoff, Zuse, Aiken et Stibitz. En recourant à ce qu'on appelait le branchement conditionnel (faculté déjà décrite par Ada Lovelace un siècle plus tôt), il pouvait évoluer par sauts successifs dans un programme sur la base de résultats intermédiaires et répéter des blocs de code, dits sous-programmes, qui exécutaient des tâches ordinaires. « Nous avons la possibilité d'avoir des sous-programmes et des sous-programmes de sous-programmes », expliquait Eckert. Lorsque Mauchly proposa cette fonctionnalité, se rappelle Eckert, « c'était une idée que j'ai reconnue instantanément comme étant la clé de tout ce système⁷² ».

Au bout d'un an de construction, à peu près à l'époque du débarquement allié en juin 1944, Mauchly et Eckert furent en mesure de tester les deux premiers composants, qui équivalaient à environ un sixième de la machine projetée. Ils commencèrent par un simple problème de multiplication. Quand la machine produisit la réponse correcte, ils poussèrent un cri de joie. Mais il fallut encore plus d'une année, jusqu'en novembre 1945, pour que l'ENIAC soit complètement opérationnel. À ce stade, il était capable d'exécuter cinq mille additions et soustractions en une seconde, soit plus de cent fois plus vite que n'importe quelle autre machine antérieure. Long de trente mètres et haut de deux mètres quarante, il remplissait l'espace qu'occuperait un modeste F4, pesait une petite trentaine de tonnes et comportait 17 468 lampes. En revanche, le calculateur d'Atanasoff-Berry, qui se morfondait dans un sous-sol en Iowa, était de la taille d'un bureau, n'avait que trois cents lampes et ne pouvait faire que trente additions ou soustractions par seconde.

Bletchley Park

Bien que peu de non-initiés l'aient su à l'époque – et il faudrait attendre plus de trois décennies pour le savoir –, un autre calculateur électronique à lampes avait été secrètement construit fin 1943 sur les terres d'un manoir victorien en brique rouge dans la localité de Bletchley, à quatre-vingt-dix kilomètres de Londres, où les Britanniques avaient séquestré une équipe de génies et d'ingénieurs pour percer les codes militaires allemands. Appelé Colossus, c'était le premier calculateur partiellement programmable entièrement électronique. Conçu pour une tâche particulière, ce n'était pas un calculateur universel ou « complet selon Turing », mais il portait néanmoins la marque personnelle d'Alan Turing.

Turing avait commencé à se concentrer sur les codes secrets et la cryptologie en automne 1936, en arrivant à Princeton, juste après avoir écrit « Sur les nombres calculables ». Il expliqua son intérêt dans une lettre à sa mère datée du mois d'octobre :

« Je viens de découvrir une application possible du genre de chose sur lequel je travaille à présent. Elle répond à la question “Quel est le type le plus général possible de code ou de chiffre ?” et en même temps (assez naturellement) elle me permet de construire un tas de codes particuliers et intéressants. L'un d'eux est pratiquement impossible à déchiffrer sans la clé, et très rapide à encoder. Je suppose que je pourrais les vendre au gouvernement de Sa Majesté pour une somme assez substantielle, mais j'ai des doutes quant à la moralité de ce genre de choses. Qu'est-ce que tu en penses⁷³ ? »

Au cours de l'année suivante, tandis qu'il s'inquiétait de la possibilité d'une guerre avec l'Allemagne, Turing s'intéressa plus à la cryptologie proprement dite qu'à essayer d'en tirer un revenu. Travaillant dans l'atelier du bâtiment de physique à Princeton, il construisit les premiers éléments d'une machine à encoder qui transformait les lettres en nombres binaires et, via des relais électromagnétiques, multipliait le message résultant, numériquement chiffré, par un nombre secret immensément grand, ce qui rendait le déchiffrage presque impossible.

L'un des mentors de Turing à Princeton était John von Neumann, le brillant physicien et mathématicien qui avait fui sa Hongrie natale et exerçait à l'Institut d'études avancées, hébergé à l'époque dans le bâtiment abritant le département de mathématiques de l'université. Au printemps 1938, au moment où Turing achevait sa thèse de doctorat, von Neumann lui proposa d'être son assistant. Vu les nuages de guerre qui s'amassaient au-dessus de l'Europe, cette proposition était alléchante, mais heurtait vaguement le patriotisme de Turing, qui décida de revenir à Cambridge comme enseignant-chercheur. Peu après, il participa aux efforts britanniques pour percer les codes secrets de l'armée allemande.

L'École du code et du chiffre du gouvernement de Sa Majesté (*Government Code and Cypher School* ou GC&CS) était à l'époque à Londres et son personnel était principalement composé de littéraires, tels que Dillwyn « Dilly » Knox, professeur de langues anciennes à Cambridge, et Oliver Strachey, dilettante mondain qui jouait du piano et écrivait des livres sur l'Inde à ses moments perdus. Il n'y avait pas de mathématiciens parmi les quatre-vingts fonctionnaires de la GC&CS jusqu'à l'automne 1938, lorsque Turing y entra. Mais l'été suivant,

tandis que la Grande-Bretagne se préparait à la guerre, le ministère commença à recruter activement des mathématiciens, recourant une fois à un concours qui impliquait la résolution des mots croisés du *Daily Telegraph* comme outil de sélection, puis la GC&CS fut transférée dans la morne petite ville en brique rouge de Bletchley, dont la principale distinction était d'être située à l'embranchement où se croisaient les lignes de chemin de fer Oxford-Cambridge et Londres-Birmingham. Une équipe des services du contre-espionnage britanniques, se faisant passer pour « le capitaine Ridley et ses amis chasseurs », visita le manoir de Bletchley Park, monstruosité gothique que son propriétaire voulait démolir, et le racheta discrètement. Les décrypteurs furent logés dans les pavillons, les écuries et dans quelques baraquements préfabriqués qui furent construits dans la propriété⁷⁴.

Turing fut affecté à une équipe qui travaillait dans le préfab 8 à essayer de percer le code allemand généré par l'Enigma, machine portable dotée de rotors mécaniques et de circuits électriques. Elle chiffrait les messages militaires avec un système de rotors qui changeait la formule de substitution des lettres après chaque frappe. Ce qui rendait le code si difficile à déchiffrer que les Britanniques désespéraient d'y parvenir. Il y eut une percée lorsque des officiers du contre-espionnage polonais créèrent une machine, copiée sur une chiffreuse allemande capturée, qui pouvait casser certains des codes de l'Enigma. Mais quand les Polonais montrèrent leur machine aux Britanniques, elle avait déjà été rendue inefficace, car les Allemands avaient ajouté à leurs Enigma deux rotors et deux connexions enfichables supplémentaires.

Turing et son équipe se mirent au travail et créèrent une machine plus élaborée, surnommée « *the bombe* », capable de déchiffrer les messages Enigma améliorés – notamment des ordres du commandement naval qui révéleraient où étaient déployés les sous-marins, terreur des convois de ravitaillement britanniques. La bombe exploitait diverses faiblesses subtiles de l'encodage, par exemple le fait qu'aucune lettre ne pouvait être chiffrée à l'identique et que certaines expressions revenaient fréquemment dans les textes allemands. En août 1940, l'équipe de Turing disposait de deux bombes opérationnelles, qui purent déchiffrer cent soixante-dix-huit messages codés ; à la fin de la guerre, elle en avait construit près de deux cents.

La bombe conçue par Turing ne représentait pas une avancée remarquable dans la technologie informatique. C'était un dispositif électromécanique utilisant des commutateurs à relais et des rotors au lieu de lampes et de circuits électroniques. Mais une machine subséquentement produite à Bletchley Park, le Colossus, allait être une

Le besoin s'en fit sentir lorsque les Allemands commencèrent à encoder des messages importants, tels que des ordres d'Hitler et de son haut commandement, avec une machine numérique électronique utilisant un système binaire et douze roues codeuses de diamètre inégal. Les bombes de Turing étaient impuissantes devant elle. Il fallait l'attaquer avec des circuits électroniques rapides comme l'éclair.

L'équipe chargée de cette tâche, basée au préfab 11, était surnommée la « Newmanry » à cause de son chef, Max Newman, le mathématicien professeur à Cambridge qui avait initié Turing à la problématique hilbertienne presque une décennie plus tôt. Pour la partie ingénierie, Newman s'était associé au sorcier de l'électronique Tommy Flowers, pionnier des lampes à vide, qui travaillait à la station de recherche des Postes britanniques à Dollis Hill, dans la banlieue de Londres.

Turing ne faisait pas partie de l'équipe de Newman, mais il trouva une démarche statistique, qu'on surnomma « Turingery », capable de détecter le moindre écart par rapport à une répartition uniforme de caractères dans un flux de texte chiffré. Une machine fut construite, qui lisait avec des cellules photoélectriques deux boucles de ruban perforé afin de comparer toutes les permutations possibles de deux séquences. Ce calculateur fut surnommé « Heath Robinson », allusion à un caricaturiste britannique qui s'était spécialisé, comme l'Américain Rube Goldberg, dans le dessin de machines absurdelement complexes.

Depuis presque dix ans, Flowers était fasciné par les circuits électroniques fonctionnant avec des tubes à vide, que lui et les autres Britanniques appelaient « lampes de T.S.F. ». Ingénieur dans la division des téléphones des Postes britanniques, il avait créé en 1934 un système expérimental comportant plus de trois mille lampes pour contrôler les connexions entre un millier de lignes téléphoniques. Il avait aussi inauguré l'emploi des lampes pour l'enregistrement des données. Turing engagea Flowers pour l'aider à construire les « bombes », puis le présenta à Newman.

Flowers comprit que la seule manière d'analyser les flux allemands chiffrés suffisamment vite était d'en stocker au moins un dans la mémoire interne d'une machine au lieu d'essayer de comparer deux rubans de papier perforé. Ce qui exigerait mille cinq cents lampes. Au début, les responsables de Bletchley Park étaient sceptiques, mais Flowers continua dans cette voie et, en décembre 1943 – après onze mois seulement –, il produisit le premier Colossus. Une version encore

plus puissante, avec ses deux mille quatre cents lampes, était déjà prête le 1^{er} juin 1944. Les premiers textes interceptés qu'elle déchiffra confirmèrent d'autres sources informant le général Dwight Eisenhower, qui était sur le point de lancer le débarquement allié, qu'Hitler n'ordonnait pas l'envoi de renforts en Normandie. Huit Colossus supplémentaires furent produits en l'espace d'un an.

Ce qui signifie que, bien avant l'ENIAC, qui ne fut pas opérationnel avant novembre 1945, les décrypteurs britanniques avaient construit un calculateur complètement électronique, numérique et même binaire. La deuxième version, en juin 1944, était même capable d'un minimum de branchement conditionnel. Mais contrairement à l'ENIAC, qui avait dix fois plus de lampes, le Colossus était une machine exclusivement agencée pour le décryptage des codes, et non un ordinateur multitâche universel. Avec sa programmabilité limitée, il ne pouvait recevoir d'instructions pour exécuter n'importe quelle tâche de calcul, comme l'ENIAC pouvait (théoriquement) le faire.

Alors, qui a inventé l'ordinateur ?

Afin de juger comment répartir les mérites de la création de l'ordinateur, il n'est pas inutile de préciser quels attributs en définissent l'essence. Au niveau le plus général, la définition d'un ordinateur pourrait tout englober, depuis le boulier jusqu'à l'iPhone. Mais pour chroniquer la naissance de la révolution numérique, il est logique de suivre les définitions classiques de ce qui, dans l'usage moderne, constitue un ordinateur. En voici quelques-unes :

« Machine programmable, habituellement électronique, qui peut emmagasiner, extraire et traiter des données. » (*Merriam-Webster Dictionary*)

« Machine électronique capable de recevoir des informations (données) sous une forme particulière et d'exécuter une suite d'opérations conformément à un ensemble prédéterminé – mais variable – d'instructions procédurales (programme) pour produire un résultat. » (*Oxford English Dictionary*)

« Machine polyvalente qui peut être programmée pour exécuter automatiquement un ensemble d'opérations arithmétiques ou logiques. » (Wikipedia anglophone, 2014)

L'ordinateur idéal est donc une machine électronique, polyvalente et programmable. D'après ces critères, lequel était le mieux placé pour être le premier ?

Le « modèle K » de George Stibitz, qui avait débuté sur une table de cuisine en novembre 1937, est devenu un modèle grandeur nature aux laboratoires Bell en 1940. C'était un calculateur binaire et la première machine de ce type à être utilisée à distance. Mais il utilisait des relais électromécaniques et n'était donc pas totalement électronique. Et c'était un calculateur, dédié à une tâche spécifique, non programmable.

Le Z3 de Konrad Zuse, achevé en 1941, fut la première machine binaire électrique programmable à contrôle automatique. Il était conçu pour résoudre des problèmes d'ingénierie plutôt que pour être une machine polyvalente. Il a été toutefois démontré ultérieurement qu'il aurait pu en théorie être utilisé comme une machine « complète selon Turing ». Sa principale différence par rapport aux ordinateurs modernes était qu'il dépendait de commutateurs à relais mécaniques lents et bruyants : il était donc électromécanique au lieu d'être intégralement électronique. Un autre handicap est le fait qu'il n'atteignit jamais le stade d'une mise en service complète. Il fut détruit lors du bombardement de Berlin par les Alliés en 1943.

Le calculateur conçu par John Vincent Atanasoff, déjà complet mais pas encore fonctionnel lorsqu'Atanasoff l'abandonna pour servir dans la marine en septembre 1942, était le premier calculateur numérique électronique du monde, mais il n'était que partiellement électronique. Son mécanisme d'addition-soustraction recourait à des lampes, mais sa mémoire et l'extraction de données impliquaient des tambours rotatifs mécaniques. Son autre handicap important pour être considéré comme le premier ordinateur moderne était qu'il n'était ni programmable ni polyvalent ; au lieu de quoi il était câblé pour une tâche spécifique – la résolution d'équations linéaires. En outre, Atanasoff n'arriva jamais à le rendre complètement opérationnel et il disparut dans un sous-sol à l'université d'État de l'Iowa.

Le Colossus I de Bletchley Park, achevé en décembre 1943 par Max Newman et Tommy Flowers (avec une contribution d'Alan Turing), était le premier calculateur numérique qui soit complètement électronique, programmable et opérationnel. Mais il ne s'agissait pas d'une machine polyvalente, ni d'une machine complète selon Turing ; il était conçu dans le but spécifique de percer les codes militaires allemands.

Le Harvard Mark I de Howard Aiken, construit avec l'aide d'IBM et mis en service en mai 1944, était programmable, comme nous le verrons dans le chapitre suivant, mais il était électromécanique plutôt qu'électronique.

L'ENIAC, achevé par Presper Eckert et John Mauchly en novembre 1945, était la première machine à présenter l'ensemble complet des caractéristiques d'un ordinateur moderne. Il était entièrement électronique, ultra-rapide, et pouvait être programmé en branchant et débranchant les câbles connectant ses différentes unités. Il était capable de changer de cheminement sur la base de résultats intermédiaires et correspondait à une machine polyvalente universelle selon Turing, ce qui signifiait qu'il pouvait théoriquement s'attaquer à n'importe quelle tâche. Et, par-dessus tout, il fonctionnait. « C'est très important pour une invention, dirait plus tard Eckert en comparant l'ENIAC avec la machine d'Atanasoff. Vous êtes obligé d'avoir tout un système qui marche⁷⁵. » Mauchly et Eckert réussirent à faire faire à leur machine des calculs extrêmement complexes et elle fut en service sans interruption pendant dix ans. Elle devint le modèle de la plupart des ordinateurs ultérieurs.

Ce dernier trait est important. Quand nous attribuons la paternité d'une invention et déterminons qui l'Histoire devrait retenir, l'un des critères est l'influence qu'ont exercée les contributions des uns et des autres. Inventer implique d'apporter quelque chose au flux de l'Histoire et d'affecter le développement de l'innovation. Sur la base de l'impact historique, Eckert et Mauchly sont les innovateurs les plus remarquables. Les racines de presque tous les ordinateurs des années 1950 remontent à l'ENIAC. L'influence de Flowers, Newman et Turing est un peu plus difficile à évaluer. Leurs travaux étaient couverts par le secret-défense, mais tous les trois furent impliqués dans la construction des ordinateurs britanniques de l'après-guerre. Isolé à Berlin et exposé aux bombardements, Zuse eut encore moins d'influence sur le développement des ordinateurs ailleurs. Quant à Atanasoff, sa principale influence dans le domaine informatique – et peut-être son unique influence – consista à fournir quelques idées qui inspirèrent Mauchly après sa visite en Iowa.

La question de savoir quelles idées Mauchly avait glanées pendant sa visite de quatre jours chez Atanasoff en juin 1941 dégénéra en un affrontement prolongé devant les tribunaux. Ce qui mit en relief un autre critère, plus juridique qu'historique, pour l'attribution de l'invention : les brevets éventuellement déposés. Dans le cas des premiers calculateurs, il n'y en eut pas. Or ce résultat était dû à une

bataille juridique controversée à l'issue de laquelle les brevets d'Eckert et Mauchly furent frappés de nullité⁷⁶.

Cette saga commença en 1947, quand Eckert et Mauchly, après avoir quitté l'université de Pennsylvanie, déposèrent une demande de brevet pour leurs travaux sur l'ENIAC, demande qui fut finalement acceptée (le système d'homologation des brevets étant relativement lent) en 1964. À cette date, la société Eckert-Mauchly et les droits afférents aux brevets avaient déjà été cédés à Remington Rand, qui devint Sperry Rand et commença à exiger d'autres sociétés qu'elles leur achètent des licences d'exploitation. IBM et les laboratoires Bell traitèrent avec Sperry Rand, mais la société Honeywell hésita et se mit à chercher un moyen de contester les brevets. Elle engagea un jeune avocat, Charles Call, qui avait un diplôme d'ingénieur et avait travaillé aux laboratoires Bell. Sa mission était de démolir le brevet d'Eckert et Mauchly en démontrant que leurs idées n'étaient pas originales.

Sur la base d'un tuyau donné par un juriste de chez Honeywell qui s'était déplacé à l'université de l'Iowa et avait consulté des documents décrivant le calculateur construit par Atanasoff, Call rendit visite à l'inventeur chez lui au Maryland. Atanasoff fut charmé par les compétences de Call relatives à sa machine ; dépité de n'avoir jamais suscité beaucoup d'intérêt pour son invention, il remit au jeune juriste des centaines de lettres et de documents montrant comment Mauchly avait tiré certaines idées de sa visite en Iowa. Le soir même, Call se rendit en voiture à Washington pour assister depuis le fond de la salle à une conférence que donnait Mauchly. En réponse à une question sur la machine d'Atanasoff, Mauchly prétendit l'avoir à peine examinée. Call comprit que s'il pouvait amener Mauchly à dire cela dans une déposition, il pourrait ensuite le discréditer lors du procès en produisant les documents d'Atanasoff.

Lorsque Mauchly découvrit quelques mois plus tard qu'Atanasoff était peut-être en train d'aider Honeywell à contester ses brevets, il lui rendit lui-même visite au Maryland, accompagné d'un juriste de chez Sperry Rand. La rencontre ne fut guère encourageante. Mauchly affirma que pendant son séjour en Iowa il n'avait pas lu attentivement le mémorandum d'Atanasoff ni examiné son calculateur, et Atanasoff lui fit froidement remarquer que c'était faux. Mauchly resta à dîner et essaya de se réconcilier avec Atanasoff, mais en vain.

L'affaire fut portée devant un tribunal présidé par le juge fédéral Earl Larson à Minneapolis en juin 1971. Mauchly se révéla être un témoin problématique. Invoquant une mémoire défaillante, il donna l'impression de garder pour lui certains détails de ce qu'il avait vu lors

de son passage en Iowa, et il revint à plusieurs reprises sur des affirmations émises dans sa déposition antérieure, où il prétendait notamment n'avoir vu le calculateur d'Atanasoff que partiellement découvert et sous un éclairage insuffisant. Atanasoff, lui, fut très efficace. Il décrivit la machine qu'il avait construite, en fit la démonstration avec un modèle réduit et indiqua les idées que Mauchly lui avait empruntées. Au total, soixante-dix-sept témoins furent appelés à comparaître, on recueillit la déposition de quatre-vingts autres et trente-deux mille six cents pièces à conviction figurèrent au procès-verbal. Le procès lui-même dura plus de neuf mois – record absolu de durée, à l'époque, pour un procès fédéral.

Le juge Larson mit encore dix-neuf mois à rédiger sa décision finale, qui fut publiée en octobre 1973 : le brevet d'Eckert et Mauchly relatif à l'ENIAC était invalide. « Eckert et Mauchly n'ont pas eux-mêmes inventé pour la première fois le calculateur numérique électronique automatique, mais en ont emprunté la matière à un certain Dr John Vincent Atanasoff⁷⁷. » Au lieu de faire appel, Sperry traita à l'amiable avec Honeywell^{*2}.

L'opinion du juge – pas moins de deux cent quarante-huit pages – représentait un travail consciencieux, mais elle négligeait certaines différences significatives entre les machines. Mauchly ne s'était pas autant inspiré d'Atanasoff que le juge semblait le penser. Par exemple, le circuit électronique d'Atanasoff utilisait une logique binaire, alors que celui de Mauchly utilisait un compteur décimal. Si les prétentions du brevet Eckert-Mauchly avaient été moins générales, il aurait probablement survécu.

Cette procédure ne détermina pas, même sur le plan juridique, à qui revenait le mérite d'avoir inventé l'ordinateur moderne, ni à quel niveau, mais elle eut en revanche deux conséquences importantes : elle ressuscita pour ainsi dire Atanasoff en le tirant du sous-sol de l'Histoire, et montra très clairement, bien que ce ne fût pas l'intention du juge ni d'aucune des deux parties, qu'en général les grandes innovations résultent d'idées qui se diffusent à partir d'un grand nombre de sources. Une invention, surtout quand elle est aussi complexe que celle de l'ordinateur, ne résulte habituellement pas du remue-ménages d'un individu isolé, mais d'une tapisserie créatrice tissée sur le mode collaboratif. Mauchly avait rencontré beaucoup de gens et parlé avec eux, ce qui rendait peut-être son invention plus difficile à breveter, mais n'en diminuait pas moins l'influence qu'il eut personnellement.

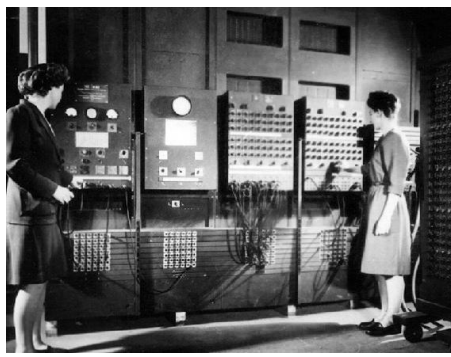
Mauchly et Eckert devraient se trouver en tête de la liste des gens à

qui on peut attribuer le mérite d'avoir inventé l'ordinateur, non pas parce que les idées et intuitions étaient exclusivement les leurs, mais parce qu'ils eurent la capacité de tirer des idées de multiples sources, d'y ajouter leurs propres innovations, de concrétiser leurs visions en réunissant autour d'eux une équipe compétente et d'avoir le plus d'influence sur le cours des développements ultérieurs. La machine qu'ils avaient construite fut le premier calculateur électronique polyvalent. « Atanasoff a peut-être gagné au tribunal, mais il est retourné à l'enseignement et nous avons continué sur notre lancée en construisant les premiers véritables ordinateurs électroniques programmables », dirait plus tard Eckert⁷⁸.

Une bonne part du mérite devrait aussi revenir à Turing pour avoir développé le concept d'un calculateur universel et agi sur le terrain au sein d'une équipe à Bletchley Park. Le rang qu'on attribuera aux contributions historiques des autres acteurs dépend en partie des critères mis en avant. Si vous êtes attiré par le côté romantique des inventeurs solitaires et vous préoccupez moins de ceux qui ont le plus influencé le progrès de l'informatique, vous choisirez peut-être Atanasoff et Zuse. Mais la principale leçon qu'on peut tirer de la naissance des ordinateurs est que l'innovation est d'ordinaire un effort collectif, qui implique la collaboration entre des visionnaires et des ingénieurs, et que la créativité provient de nombreuses sources. Ce n'est que dans les livres d'images que les inventions se présentent sous la forme d'un éclair tombant du ciel ou d'une ampoule électrique jaillissant de la tête d'un individu solitaire dans un sous-sol, un grenier ou un garage.



Howard Aiken et Grace Hopper (1906-1992) avec une partie de la machine à différences de Babbage à Harvard en 1946.



Jean Jennings et Frances Bilas devant l'ENIAC.



Jean Jennings (1924-2011) en 1945.



*1. Dernier théorème de Fermat : Pour l'équation $a^n + b^n = c^n$, dans laquelle a , b et c sont des nombres entiers positifs, il n'y a pas de solution quand n est plus grand que 2.

Conjecture de Goldbach : Tout nombre entier pair plus grand que 2 peut être écrit comme la somme de deux nombres premiers.

Conjecture de Collatz : On prend un nombre entier, s'il est pair, on le divise par 2, s'il est impair, on le multiplie par 3 et on ajoute 1. Quel que soit le nombre de départ, ce processus indéfiniment répété finit toujours par produire 1 comme résultat.

*2. À cette date, Atanasoff avait déjà pris sa retraite. Après la Seconde Guerre mondiale, il avait fait carrière dans le domaine de l'artillerie et des munitions, et non dans l'informatique. Il est mort en 1995. John Mauchly demeura informaticien, à la fois comme consultant chez Sperry et comme président-fondateur de l'Association for Computing Machinery. Il est mort en 1980. Eckert fit lui aussi une grande partie de sa carrière chez Sperry. Il est mort en 1995.

3.

La programmation

Le développement de l'ordinateur moderne exigeait une autre étape importante. Toutes les machines construites pendant la guerre furent conçues, du moins à l'origine, en vue d'une tâche spécifique, comme résoudre des équations ou déchiffrer des codes. Un véritable ordinateur, comme celui envisagé par Ada Lovelace puis Alan Turing, devrait être capable de traiter en continu et rapidement n'importe quelle opération logique. Ce qui nécessitait des machines dont le fonctionnement n'était pas déterminé par le seul matériel, mais aussi par le logiciel, les programmes qu'elles pouvaient exécuter. Une fois de plus, c'est Turing qui en formula clairement le concept : « Nous n'avons pas besoin d'avoir une infinité de machines différentes accomplissant des tâches différentes, écrivait-il en 1948. Une seule suffira. Le problème d'ingénierie consistant à produire des machines variées pour des tâches variées est remplacé par le travail de bureau consistant à “programmer” la machine universelle pour exécuter ces tâches¹. »

Théoriquement, des machines comme l'ENIAC pouvaient être programmées et même passer pour des machines polyvalentes. Mais dans la pratique, le chargement d'un nouveau programme était un processus laborieux impliquant souvent de rebrancher à la main les câbles qui connectaient les différentes unités de l'ordinateur. Les machines de la Seconde Guerre mondiale ne pouvaient pas changer de programme à des vitesses électroniques. Ce qui conduirait à la prochaine étape importante dans la création de l'ordinateur moderne : trouver comment stocker des programmes à l'intérieur de la mémoire

Grace Hopper

À commencer par Charles Babbage, les hommes qui inventèrent des calculateurs se concentrèrent principalement sur le matériel. Mais les femmes qui entrèrent en scène pendant la Seconde Guerre mondiale virent assez tôt l'importance de la programmation, tout comme Ada Lovelace en son temps. Elles développèrent des méthodes pour encoder des instructions qui dictaient au matériel les opérations à exécuter. Dans ces logiciels résidaient les formules magiques qui pouvaient transformer les machines de bien des façons, toutes étonnantes.

La plus remarquable pionnière de la programmation fut une femme officier de marine, courageuse et énergique, mais aussi charmante et sociable, Grace Hopper, qui finit par travailler pour Howard Aiken à Harvard puis pour Presper Eckert et John Mauchly. Née Grace Brewster Murray en 1906, elle était d'une famille prospère de l'Upper West Side à Manhattan. Son grand-père était un ingénieur des travaux publics qui l'emmenait dans ses tournées d'inspection à New York, sa mère était mathématicienne et son père cadre dans les assurances. Elle sortit de Vassar College avec une licence en mathématiques et physique, puis étudia à Yale, où elle obtint son doctorat de mathématiques en 1934².

Sa formation n'était pas aussi inhabituelle qu'on pourrait le penser. Elle était la onzième femme à obtenir un doctorat de mathématiques à Yale, la première l'ayant obtenu en 1895³. Il n'était pas si extraordinaire que ça, pour une femme, d'être docteur en mathématiques dans les années 1930. En fait, le cas était plus répandu qu'il ne le serait une génération plus tard. Le nombre d'Américaines qui obtinrent des doctorats en mathématiques dans les années 1930 fut de 113, soit quinze pour cent du nombre total de ces doctorats. Pendant la décennie 1950-1959, 106 Américaines seulement obtinrent un doctorat en mathématiques, ce qui représentait un modeste quatre pour cent du total. (Dans la première décennie des années 2000, la situation s'était redressée, et 1 600 doctorats de mathématiques furent décernés à des femmes – trente pour cent du total.)

Après son mariage avec un professeur de littérature comparée, Vincent Hopper, Grace rejoignit le corps enseignant de Vassar College. Contrairement à la plupart des professeurs de mathématiques, elle tenait à ce que ses étudiantes sachent bien écrire. Dans son cours sur les probabilités, elle commença par une leçon sur l'une de ses formules

mathématiques favorites – la formule de Stirling, qui donne la valeur approchée de la factorielle d'un nombre – et demanda à ses étudiantes d'écrire un essai sur ce sujet. Ce travail serait noté sur la clarté d'expression et le style. « Je couvrais d'encre [leurs essais], et c'était la rébellion, comme quoi elles s'étaient inscrites à un cours de maths et pas un cours de lettres. Alors je leur expliquais que ça ne servait à rien d'essayer d'apprendre les maths si elles ne pouvaient pas les communiquer à d'autres personnes⁴. » Toute sa vie durant, elle excella à traduire des problèmes scientifiques – tels que ceux impliquant les trajectoires, l'écoulement des fluides, les explosions, les schémas météorologiques – en équations mathématiques puis en anglais ordinaire.

En 1940, Grace Hopper s'ennuyait. Elle n'avait pas d'enfants, son mariage battait de l'aile et enseigner les mathématiques n'était pas aussi épanouissant qu'elle l'avait espéré. Elle prit un congé sabbatique à Vassar pour suivre les cours de l'éminent mathématicien Richard Courant à l'université de New York, et se concentra sur les méthodes de résolution des équations différentielles partielles. Elle étudiait encore avec Courant lorsque les Japonais attaquèrent Pearl Harbor en décembre 1941. L'entrée des États-Unis dans la Seconde Guerre mondiale lui offrit l'occasion de changer de vie. En l'espace de dix-huit mois, elle quitta Vassar College, divorça de son mari et, à trente-six ans, rejoignit la marine américaine. Elle fut envoyée à l'École navale des aspirants de réserve, qui dépendait de Smith College, au Massachusetts, et, en juin 1944, sortit première de sa promotion avec le grade de lieutenant.

Elle présumait qu'elle allait être affectée à une équipe de cryptanalystes, mais à sa grande surprise elle reçut l'ordre de se présenter à l'université Harvard pour travailler sur le Mark I, le monstrueux calculateur numérique équipé de relais électromagnétiques bruyants et d'un arbre de transmission motorisé qui, comme nous l'avons déjà vu, avait été conçu par Howard Aiken en 1937. Lorsque Grace Hopper y fut affectée, cette machine avait déjà été réquisitionnée par la Marine ; Aiken était toujours chargé du projet, mais en tant que commandant de la marine et non plus comme membre du corps enseignant de Harvard.

Lorsque Grace Hopper prit son service en juillet 1944, Howard Aiken lui donna un exemplaire des mémoires de Charles Babbage puis lui fit voir le Mark I. « C'est une machine à calculer », lui dit-il. Grace Hopper en resta sans voix pendant un moment : « Il y avait cette grosse masse mécanique qui faisait un sacré boucan. Elle était à nu, ouverte de tous les côtés et très bruyante⁵. » Se rendant compte qu'elle aurait besoin de la comprendre complètement afin de pouvoir la

contrôler correctement, elle passa des nuits entières à en analyser les plans. La force de Grace Hopper venait de sa capacité à savoir traduire (comme elle l'avait fait à Vassar) des problèmes du monde réel en équations mathématiques, et ensuite de communiquer celles-ci sous forme d'instructions que la machine comprendrait. « J'ai appris les langages de l'océanographie, et toutes ces histoires de dragage de mines, de détonateurs, de fusées de proximité, de biomédical, expliquait-elle. Il nous fallait apprendre leur vocabulaire afin de pouvoir traiter leurs problèmes. Je pouvais commuter mon vocabulaire et parler très technique avec les programmeurs, et ensuite dire la même chose aux gestionnaires quelques heures plus tard, mais avec un vocabulaire totalement différent. » L'innovation requiert la flexibilité.

À cause de son aptitude à communiquer avec précision, Aiken la chargea de rédiger ce qui allait devenir le premier manuel de programmation informatique du monde. « Vous allez écrire un livre, dit-il un jour en s'arrêtant à côté du bureau de Grace.

— Je ne peux pas écrire un livre, répondit-elle. Je n'en ai encore jamais écrit.

— Eh bien, vous êtes dans la Marine, maintenant, déclara-t-il. Et vous allez en écrire un⁶. »

Le résultat fut un ouvrage de cinq cents pages qui était à la fois un historique du Mark I et un guide pour sa programmation⁷. Le premier chapitre décrivait les calculatrices historiques en mettant l'accent sur celles construites par Pascal, Leibniz et Babbage. Le frontispice était une photographie de la portion de la machine à différences qu'Aiken avait installée dans son bureau, et Grace Hopper commençait par une épigraphe de Babbage. Comme Ada Lovelace, elle comprenait que la machine analytique de Babbage possédait une qualité particulière, dont elle-même et Aiken croyaient qu'elle distinguerait le Mark I de Harvard des autres calculateurs de l'époque. Comme la machine que Babbage n'avait pas construite, le Mark I d'Aiken, qui recevait ses ordres via une bande de papier perforé, pouvait être reprogrammé avec de nouvelles instructions.

Chaque soir, Grace Hopper lisait à Aiken les pages qu'elle avait écrites pendant la journée, ce qui l'aida à apprendre un truc de métier bien connu des bons écrivains : « Il m'a fait remarquer que si on trébuche quand on essaie de lire le texte tout haut, on a intérêt à corriger la phrase en question. Chaque jour j'étais obligée de lire cinq pages de ce que j'avais écrit⁸. » Ses phrases devinrent simples, directes et limpides. Avec leur solide partenariat, Howard Aiken et Grace Hopper seraient les contreparties modernes, avec un siècle de

décalage, de Charles Babbage et lady Lovelace. Plus Grace Hopper apprenait de choses sur Ada, plus elle s'identifiait à elle : « C'est elle qui a écrit la première boucle. Je ne l'oublierai jamais. Aucun de nous ne l'oubliera jamais⁹. »

Les sections historiques de son livre étaient axées sur des personnalités, soulignant ainsi le rôle des individus. En revanche, peu après que Grace Hopper l'eut achevé, les cadres de chez IBM commandèrent la rédaction de leur propre historique du Mark I, qui attribuait principalement le mérite de sa construction aux équipes d'IBM à Endicott, dans l'État de New York. « Le remplacement de l'historique individuel par l'historique organisationnel servait au mieux les intérêts d'IBM, écrivit l'historien Kurt Beyer dans une étude sur Grace Hopper. Le lieu de l'innovation technologique, selon IBM, était l'entreprise. Le mythe de l'inventeur marginal et solitaire travaillant dans son laboratoire ou dans un sous-sol était remplacé par la réalité – des équipes d'ingénieurs organisationnels anonymes qui contribuaient à des avancées incrémentielles¹⁰. » Dans la version IBM de l'Histoire, le Mark I contenait une longue liste de menues innovations, telles que le compteur à cliquet et l'alimentation en cartes à deux étages, qu'IBM attribuait à une brochette d'ingénieurs peu connus qui œuvraient de manière collégiale à Endicott^{*1}.

La différence entre la version de l'Histoire de Grace Hopper et celle d'IBM était plus profonde qu'une polémique sur les mérites respectifs des uns et des autres. Elle témoignait de conceptions fondamentalement antagonistes de l'histoire de l'innovation. Certaines études de la technologie et de la science soulignent, comme Grace Hopper, le rôle d'inventeurs créatifs auteurs de sauts innovants. D'autres études soulignent le rôle des équipes et des institutions, comme le travail collaboratif réalisé aux laboratoires Bell et chez IBM à Endicott. Cette démarche essaie de montrer que ce qui peut ressembler à des impulsions créatrices – des « moments Euréka » – résulte en réalité d'un processus évolutif qui se déclenche quand des idées, des concepts, des technologies et des méthodes d'ingénierie mûrissent de concert. Aucune de ces deux manières de considérer le progrès technologique n'est en elle-même totalement satisfaisante. La plupart des grandes inventions de l'ère numérique sont nées de l'interaction d'individus créatifs (Mauchly, Turing, von Neumann, Aiken) avec des équipes qui savaient comment mettre en œuvre leurs idées.

Le partenaire de Grace Hopper aux commandes du Mark I était Richard Bloch, un mathématicien de Harvard qui avait été flûtiste dans l'orchestre de joyeux farceurs de l'université et avait servi dans la Marine. L'enseigne de vaisseau Bloch commença à travailler pour Aiken trois mois avant l'arrivée de Grace Hopper, et il la prit sous son aile. « Je me rappelle avoir veillé tard dans la nuit à étudier comment fonctionnait cette machine, comment programmer ce truc », dirait-il plus tard. Grace Hopper et lui se relayaient par tranches de douze heures pour satisfaire les exigences de la machine et celles du tout aussi capricieux commandant Aiken. « Parfois il se pointait à quatre heures du matin, et son commentaire était : “Est-ce qu'on fait des nombres ?” Il était sur les nerfs quand la machine s'arrêtait¹¹. »

La démarche de programmation de Grace Hopper était très systématique. Elle décomposait chaque problème de physique ou équation mathématique en petites étapes arithmétiques. « On disait simplement à l'ordinateur ce qu'il avait à faire, étape par étape, expliquait-elle. Prendre ce nombre-ci et l'ajouter à ce nombre-là, puis mettre la réponse ici. Ensuite, prendre ce nombre et le multiplier par cet autre nombre et mettre [le résultat] là¹². » Quand le programme avait été transcrit sur la bande perforée et que le moment était venu de le tester, les membres de l'équipe du Mark I, dans une plaisanterie qui devint un rituel, étalaient un tapis de prière, se tournaient vers l'est et priaient pour que leur travail soit accepté.

Tard dans la nuit, Bloch bricolait parfois les circuits du Mark I, ce qui causait des problèmes aux programmes écrits par Grace Hopper. Elle avait une personnalité volatile, le langage salé de l'École navale et les réprimandes qu'elle adressait ensuite au filiforme et placide Bloch annonçaient le mélange de confrontation et de camaraderie qui se développerait plus tard entre ingénieurs matériel et ingénieurs logiciel. « Chaque fois que j'arrivais à faire tourner un programme, il allait là-bas la nuit modifier les circuits de l'ordinateur, et le lendemain matin le programme ne marchait plus, se plaignait-elle. En plus, il était chez lui, en train de dormir, et il ne pouvait pas me dire ce qu'il avait fait. » En pareilles occasions, « ça bardait méchamment, disait Bloch. Aiken ne le prenait pas avec beaucoup d'humour¹³ ».

De tels épisodes donnèrent à Grace Hopper la réputation d'être irrévérencieuse. Certes, elle l'était. Mais elle avait aussi la capacité des bidouilleurs de programme à combiner l'irrévérence avec l'esprit de collaboration. En réalité, cette camaraderie digne d'un équipage pirate – chose que Grace Hopper partagerait avec des générations subséquentes de programmeurs – fut pour elle plus libératrice que restrictive. Comme le dit Beyer : « Ce furent les aptitudes collaboratives de Hopper plutôt que sa nature rebelle qui créèrent

l'espace où purent s'exercer sa pensée et son action indépendantes¹⁴. »

En fait, c'était le placide Richard Bloch plutôt que la teigneuse Grace Hopper qui avait les rapports les plus conflictuels avec le commandant Howard Aiken. « Dick s'attirait constamment des ennuis, affirmait Grace Hopper. Moi j'essayais de lui expliquer qu'Aiken était exactement comme un ordinateur. Il est câblé d'une certaine manière, et si tu dois travailler avec lui il faut que tu comprennes comment il est câblé¹⁵. » Aiken, qui avait au début hésité à avoir une femme parmi les officiers de son équipage, fit bientôt de Grace Hopper non seulement sa principale programmeuse, mais aussi sa première adjointe. Bien des années plus tard, il se rappellerait avec attendrissement sa contribution à la naissance de la programmation informatique : « *Grace was a good man* » – Grace était un brave¹⁶.

Parmi les pratiques de programmation qu'elle perfectionna à Harvard, il y avait les sous-programmes, ces séquences de code pour des tâches spécifiques, qui sont stockées une fois pour toutes mais peuvent être invoquées si nécessaire à différents points du programme principal. « Un sous-programme est un programme clairement défini, facilement symbolisé, souvent répété, écrivait-elle. Le Mark I de Harvard contenait des sous-programmes pour $\sin x$, $\log_{10}(x)$ et $10x$, chacun appelé par un code opérationnel unique¹⁷. » C'était un concept qu'Ada Lovelace avait à l'origine décrit dans ses « Notes » sur la machine analytique. Grace Hopper constitua une bibliothèque sans cesse plus étendue de ces sous-programmes. Elle développa aussi, tout en programmant le Mark I, le concept d'un compilateur qui faciliterait ultérieurement l'écriture du même programme pour de multiples machines en créant un processus pour traduire le code source dans le langage machine utilisé par différents processeurs.

En outre, son équipe contribua à populariser les termes *bug* (« insecte ») et *debugging*. La version Mark II de l'ordinateur de Harvard était logée dans un bâtiment aux fenêtres non pourvues de moustiquaires. Une nuit, la machine tomba en panne, et les membres de l'équipe commencèrent à chercher l'origine du problème. Ils trouvèrent un papillon de nuit de dix centimètres d'envergure qui avait été écrasé dans un des relais électromécaniques. Il fut extrait de la machine et scotché sur le livre de bord, avec la mention « Panneau F (papillon) dans relais. Premier cas réel de découverte d'insecte¹⁸. » À partir de là, l'équipe employa l'expression *debugging the machine* pour la détection des pannes et l'élimination des erreurs.

En 1945, essentiellement grâce à Grace Hopper, le Harvard Mark I était déjà le gros ordinateur le plus facile à programmer du monde. Il

pouvait passer d'une tâche à une autre simplement en obtenant de nouvelles instructions via la bande de papier perforé, au lieu d'exiger une reconfiguration de la partie matériel ou du câblage. Toutefois, cette qualité passa quasi inaperçue, à l'époque comme dans l'Histoire, car le Mark I – et même son successeur en 1947, le Mark II – recourait à des relais électromécaniques lents et bruyants au lieu de composants électroniques comme les lampes à vide. « Lorsqu'on a commencé à s'intéresser un peu au Mark II, raconte Grace Hopper, c'était déjà une machine mort-née et tout le monde passait à l'électronique¹⁹. »

Les innovateurs en matière d'informatique, comme d'autres pionniers, risquent de rester en rade s'ils persistent dans leurs habitudes. Les traits mêmes qui les rendent inventifs, tels que l'obstination et la concentration sur leur objectif, peuvent les rendre résistants au changement lorsque se présentent des idées nouvelles. Steve Jobs était célèbre pour son obstination et sa concentration, ce qui ne l'empêchait pas d'éblouir ses collègues et de les laisser perplexes quand il se rendait compte qu'il avait besoin de penser différemment. Il manquait à Aiken cette flexibilité. Il n'était pas assez agile pour exécuter une pirouette. Il avait, en bon commandant de l'US Navy, le sens de l'autorité centralisée, si bien que son équipage n'avait pas les coudées aussi franches que l'équipe de Mauchly et Eckert à l'université de Pennsylvanie. En outre, Aiken mettait la fiabilité au-dessus de la vitesse. Aussi s'accrocha-t-il à l'usage de relais électromécaniques éprouvés et fiables même quand il fut clair pour les gens de Penn et de Bletchley Park que les lampes à vide étaient l'avenir. Son Mark I pouvait exécuter environ trois instructions par seconde, alors que l'ENIAC en chantier à Penn allait pouvoir en exécuter cinq mille dans le même temps.

Quand il se rendit à Penn pour voir l'ENIAC et assister à quelques conférences, « Aiken était absorbé dans sa manière personnelle de faire les choses et ne semblait pas conscient de la signification des nouvelles machines électroniques », lisait-on dans un rapport sur cette réunion²⁰. Il en était de même pour Grace Hopper lorsqu'elle vint voir l'ENIAC en 1945. Le Mark I lui parut supérieur parce qu'il était facilement programmable. Avec l'ENIAC, disait-elle, « on modifiait les branchements, ce qui revenait à construire un ordinateur particulier pour chaque tâche, et nous, nous étions habitués à l'idée de programmer et de contrôler l'ordinateur avec notre programme²¹. » Le temps qu'il fallait pour reprogrammer l'ENIAC, qui pouvait atteindre un jour entier, annulait l'avantage qu'il possédait en vitesse de traitement, à moins qu'il exécute sans cesse la même tâche.

Mais, contrairement à Aiken, Grace Hopper avait l'esprit assez ouvert pour changer d'opinion. Cette année-là, des progrès étaient en

cours pour trouver des méthodes accélérant la reprogrammation de l'ENIAC. Et, détail qui ne pouvait que réjouir Grace Hopper, les gens à la pointe de cette révolution de la programmation étaient des femmes.

Les femmes de l'ENIAC

Tous les ingénieurs qui avaient construit la partie matérielle de l'ENIAC étaient des hommes. Quelque peu ignorées par les trompettes de la renommée, un groupe de femmes – et six en particulier – se révélèrent être au moins aussi importantes dans le développement de l'informatique moderne. Tandis que l'ENIAC était en chantier à l'université de Pennsylvanie en 1945, on estimait qu'il exécuterait à répétition un ensemble spécifique de calculs, comme en exige la détermination de la trajectoire d'un projectile utilisant différentes variables. Or la fin de la guerre signifiait que cette machine était nécessaire pour de nombreux autres types de calculs – ondes sonores, schémas météorologiques, puissance explosive des nouveaux types de bombes atomiques –, ce qui obligerait à le reprogrammer fréquemment, c'est-à-dire à débrancher et rebrancher à la main le fouillis de câbles de l'ENIAC et à remettre ses commutateurs à zéro. Au début, la programmation passait pour être une tâche routinière, voire futile, ce qui explique peut-être pourquoi elle était abandonnée aux femmes, qui à l'époque n'étaient pas encouragées à devenir des ingénieurs. Or, ce que les femmes de l'ENIAC ne tardèrent pas à démontrer, et que les hommes finiraient par comprendre plus tard, c'était que la programmation d'un calculateur pouvait être tout aussi significative que l'architecture de sa partie physique.

L'histoire de Jean Jennings illustre bien le destin des premières programmeuses²². Elle était née dans une ferme aux alentours d'Alanthus Grove (population : 104 habitants) dans le Missouri, dans une famille qui n'avait presque pas d'argent et attachait une grande importance à l'instruction. Son père enseignait dans une école à classe unique, où Jean devint la lanceuse vedette et la seule fille de l'équipe de softball. Sa mère, bien qu'ayant quitté l'école à quatorze ans, donnait des leçons d'algèbre et de géométrie. Jean était la sixième d'une fratrie de sept enfants, qui allèrent tous à l'université. C'était à l'époque où les gouvernements des États reconnaissaient la valeur des études et comprenaient l'intérêt social et économique qu'il y avait à les rendre financièrement abordables. Jean fréquenta l'École normale d'État du nord-ouest du Missouri à Maryville, où les frais de scolarité étaient de soixante-seize dollars par an. (En 2013, ils s'élevaient

environ à quatorze mille dollars par an pour les résidents de l'État, soit douze fois plus, même en tenant compte de l'inflation !) Elle prit d'abord le journalisme comme matière principale, mais elle détestait son directeur de recherche et changea pour les mathématiques, qu'elle adorait.

Quand elle finit ses études en janvier 1945, son professeur de calcul intégral lui montra un prospectus où on recherchait des mathématiciennes pour travailler à l'université de Pennsylvanie ; des femmes y étaient employées comme « calculatrices » exécutant des tâches mathématiques répétitives, essentiellement le calcul de tables de trajectoires d'artillerie pour l'armée de terre. Comme le formulait l'une de ces annonces :

ON RECHERCHE des femmes titulaires d'un diplôme en mathématiques [...] Nous proposons à des femmes des emplois dans la science et l'ingénierie pour lesquels la préférence était autrefois donnée aux hommes. L'heure est venue pour vous d'envisager de travailler dans la science et l'ingénierie [...] Vous allez voir que là comme ailleurs le slogan est : « ON RECHERCHE DES FEMMES²³ ! »

Jean Jennings, qui n'était jamais sortie de son Missouri natal, se porta candidate. Lorsqu'elle reçut le télégramme lui annonçant qu'elle était acceptée, elle prit le train de minuit de la Wabash Railroad pour la côte Est et arriva à Penn quarante heures plus tard. « Il va sans dire que là-bas ils ont eu un choc en me voyant arriver si vite²⁴. »

Lorsque Jean Jennings se présenta à l'université, en mars 1945, à l'âge de vingt-quatre ans, environ soixante-dix femmes y travaillaient sur des additionneuses de bureau et griffonnaient des nombres sur de gigantesques feuilles de papier. Adele, l'épouse du capitaine Herman Goldstine, était chargée du recrutement et de la formation. « Je n'oublierai jamais la première fois que j'ai vu Adele, raconte Jean Jennings. Elle est entrée négligemment dans la salle, la cigarette pendouillant au coin de la bouche, elle a calé une jambe sur le coin d'une table et a commencé à nous faire cours avec un accent de Brooklyn légèrement atténué. » Pour Jean Jennings, qui avait eu une enfance de garçon manqué, ulcérée par les innombrables exemples de sexisme auxquels elle avait dû faire face, ce fut un tournant dans sa vie. « J'ai compris que j'étais bien loin de Maryville, où les femmes étaient obligées d'aller en douce dans la serre pour en griller une²⁵. »

Quelques mois après son arrivée, une note de service circula parmi les « calculatrices » : on y proposait six postes pour travailler sur la mystérieuse machine qui occupait une salle fermée à clé au rez-de-chaussée de l'école d'ingénierie Moore sur le campus de Penn. « Je n'avais aucune idée de la nature du travail ni de ce qu'était l'ENIAC,

se rappelle Jean Jennings. Tout ce que je savais, c'est que je pourrais peut-être participer à la fondation de quelque chose de nouveau, et je m'estimais capable d'apprendre et de faire n'importe quoi aussi bien que les autres. » Elle cherchait aussi à faire quelque chose de plus passionnant que de calculer des trajectoires d'obus.

Quand elle se présenta pour l'entretien, Herman Goldstine lui demanda ce qu'elle savait sur l'électricité. « J'ai dit que j'avais fait un cours de physique et que je savais que $U = RI^{*2}$. » À quoi Goldstine répliqua : « Non, non, ça ne m'intéresse pas, mais est-ce que vous avez peur de l'électricité²⁶ ? » Une bonne partie du travail consistait à brancher des fils et à actionner un tas d'interrupteurs, expliqua-t-il. Elle lui dit qu'elle n'avait pas peur. Au cours de l'entretien, Adele Goldstine entra dans le bureau, la regarda, puis hocha la tête. Jean Jennings venait d'être choisie.

En plus de Jean Jennings (future Jean Bartik), il y avait Marlyn Wescoff (future Marlyn Meltzer), Ruth Lichterman (future Ruth Teitelbaum), Betty Snyder (future Betty Hoberton), Frances Bilas (future Frances Spence) et Kay McNulty (qui épouserait plus tard John Mauchly). Elles formaient une de ces équipes disparates typiques que la guerre avait réunies. Wescoff et Lichterman étaient juives, Snyder était quaker, McNulty était une catholique d'origine irlandaise et Jennings une protestante repentie de l'Église du Christ. D'après Jean Jennings : « Si nous nous entendions très bien, c'est surtout parce qu'aucune d'entre nous n'avait jamais été en contact étroit avec quelqu'un de la religion d'une des autres. Nous avons eu quelques grandes discussions sur les vérités et les croyances religieuses. En dépit de nos différences, ou peut-être à cause d'elles, nous étions vraiment bonnes amies²⁷. »

Pendant l'été 1945, les six femmes furent envoyées au Centre d'essais d'Aberdeen pour apprendre à utiliser les cartes perforées IBM et à câbler des tableaux de connexions. « Nous avons de grandes discussions sur la religion, nos familles, la politique et notre travail, raconte Kay McNulty. Nous n'étions jamais à court de sujets de conversation²⁸. » Jean Jennings s'imposa à la tête du groupe : « Nous travaillions ensemble, vivions ensemble, mangions ensemble et veillions jusqu'à des heures indues à discuter de tout et de n'importe quoi²⁹. » Comme elles étaient toutes célibataires et entourées d'un grand nombre de soldats célibataires, il y eut de multiples histoires d'amour entretenues autour de long drinks Tom Collins dans les box du club des officiers. Marlyn Wescoff se trouva un Marine « grand et très beau ». Jean Jennings se fit la paire avec un sergent de l'armée de

terre prénommé Pete, qui était « séduisant mais pas vraiment beau ». Il était du Mississippi, et Jean ne cachait pas son opposition à la ségrégation raciale : « Une fois, Pete m'a dit qu'il ne m'emmènerait jamais à Biloxi parce que j'étais tellement franche dans mes opinions sur la discrimination que je me ferais tuer³⁰. »

Au bout de six semaines de formation, les six programmeuses consignèrent leurs cavaliers aux archives de la mémoire et retournèrent à Penn, où on leur donna des schémas et des tableaux, grands comme des affiches, qui décrivaient l'ENIAC. « Quelqu'un nous a donné une grosse pile de plans, c'étaient les schémas de câblage pour tous les panneaux, et on nous a dit : "Voilà, débrouillez-vous pour trouver comment marche la machine, et ensuite, trouvez comment la programmer." », expliqua Kay McNulty³¹. Ce qui exigeait d'analyser les équations différentielles et de déterminer ensuite comment connecter les câbles pour établir les circuits électroniques corrects. « Le plus gros avantage qu'il y avait à apprendre [le fonctionnement de] l'ENIAC à partir des schémas était que nous avons commencé à comprendre ce qu'il pouvait faire et ce qu'il ne pouvait pas faire, explique Jean Jennings. Résultat : nous étions capables de diagnostiquer les problèmes presque au niveau d'une lampe individuelle. » Jean Jennings et Betty Snyder conçurent un système pour déterminer laquelle des dix-huit mille lampes avait grillé. « Puisque nous connaissions à la fois l'application et la machine, nous avons appris à diagnostiquer les pannes aussi bien – et parfois même mieux – que les ingénieurs. Et croyez-moi, les ingénieurs ont adoré ! Ils pouvaient se reposer sur nous pour le débogage³². »

Betty Snyder a décrit comment elle faisait des schémas et des tableaux minutieux pour chaque nouvelle configuration de câbles et de commutateurs : « Ce que nous faisons alors était le début d'un programme. » En réalité, elles ne disposaient pas encore de ce terme. Elles consignaient par écrit chaque nouvelle séquence pour plus de sécurité. « Nous avions toutes l'impression que nous serions scalpées si les circuits étaient fichus par notre faute », raconte Jean Jennings³³.

Un jour, Jean et Betty étaient assises dans la salle de cours du premier étage qu'elles avaient réquisitionnée et contemplaient les feuilles de papier enroulées qui contenaient les schémas des nombreuses unités de l'ENIAC, lorsqu'un homme entra pour inspecter des défauts de construction : « Bonjour, je suis John Mauchly. Je vérifiais simplement si le plafond n'était pas en train de tomber. » Aucune des deux femmes n'avait encore rencontré le visionnaire de l'ENIAC, mais elles ne furent pas le moins du monde intimidées. « Qu'est-ce qu'on est heureuses de vous voir ! déclara Jean Jennings. Dites-nous comment marche ce satané accumulateur. » Mauchly

répondit avec soin à cette question, puis à d'autres. Quand elles en eurent terminé, il leur dit : « Bon, mon bureau, c'est la porte à côté. Alors chaque fois que je suis dans mon bureau, vous pourrez venir me voir et me poser des questions. »

Ce qu'elles firent presque tous les après-midi. « C'était un enseignant merveilleux », dira Jean Jennings. Il poussa ces femmes à envisager les nombreuses tâches que l'ENIAC exécuterait peut-être un jour, en plus du calcul des trajectoires d'artillerie. Il savait que pour devenir un véritable calculateur polyvalent, il faudrait que l'ENIAC inspire des programmeurs capables d'exploiter à des fins diverses les potentialités du matériel. « Il essayait toujours de nous faire penser à d'autres problèmes, raconte Jean Jennings. Il voulait toujours qu'on inverse une matrice ou un truc comme ça³⁴. »

À peu près à l'époque où Grace Hopper faisait de même à Harvard, les femmes de l'ENIAC développaient l'usage des sous-programmes. Elles craignaient que les circuits logiques n'aient pas la capacité suffisante pour calculer certaines trajectoires. C'est Kay McNulty qui trouva une solution. « Oh, je sais, je sais, je sais ! s'exclama-t-elle un jour, tout excitée. Nous pouvons utiliser un programmeur principal pour répéter du code. » Elles essayèrent et ce fut une réussite. « Nous avons commencé à penser comment nous pourrions avoir des sous-programmes, des sous-programmes imbriqués, et ainsi de suite, raconte Jean Jennings. Quand il a fallu traiter ce problème de trajectoire, c'était très pratique de ne pas avoir à répéter tout un programme, on pouvait se contenter d'en répéter des morceaux et de régler le programmeur principal à cette fin. Une fois que vous avez appris ça, vous apprenez comment concevoir votre programme sous forme de modules. La modularisation et le développement des sous-programmes ont été des étapes véritablement cruciales pour l'apprentissage de la programmation³⁵. »

Peu avant sa mort en 2011, Jean Jennings Bartik soulignait fièrement le fait que tous les programmeurs qui avaient créé le premier ordinateur multitâches étaient des programmeuses : « En dépit de notre arrivée à l'âge adulte à une époque où les perspectives de carrière pour les femmes étaient en général très limitées, nous avons contribué à faire démarrer l'ère de l'ordinateur. » Cela s'est produit parce qu'à l'époque beaucoup de femmes avaient étudié les mathématiques et que leurs compétences étaient très demandées. Il y avait aussi un côté ironique : les garçons très fiers de leurs jouets croyaient que l'assemblage du matériel était la tâche la plus importante, et, par là, un travail d'homme. « La science et l'ingénierie américaines étaient encore plus sexistes qu'elles le sont aujourd'hui, disait Jean Jennings. Si les administrateurs de l'ENIAC avaient su à

quel point la programmation serait vitale pour le fonctionnement du calculateur électronique et à quel point elle s'avérerait complexe, ils auraient peut-être hésité un peu plus à confier un rôle aussi important à des femmes³⁶. »

Programmes enregistrés

D'emblée, Mauchly et Eckert avaient compris qu'il existait des méthodes pour rendre l'ENIAC plus facile à reprogrammer. Mais ils n'essayèrent pas de le faire, car l'intégration de cette capacité les aurait obligés à construire une architecture matérielle plus compliquée, et ce n'était pas nécessaire pour les tâches qu'ils avaient initialement envisagées. « Nulle tentative n'a été faite pour prévoir le traitement automatique d'un problème, écrivaient-ils dans leur rapport d'avancement de l'ENIAC à la fin de l'année 1943. C'est pour des raisons de simplicité et parce qu'il est prévu que l'ENIAC sera principalement utilisé pour des problèmes d'un type dans lequel une seule configuration sera employée de nombreuses fois avant qu'un autre problème soit soumis à la machine³⁷. »

Or, plus d'un an avant que l'ENIAC soit achevé, en fait dès le début de 1944, Mauchly et Eckert se rendirent compte qu'il y avait un bon moyen de rendre les calculateurs facilement reprogrammables : enregistrer les programmes à l'intérieur de la mémoire de la machine au lieu de les charger à chaque fois. Ils sentaient confusément que ce serait là la prochaine grande avancée dans le développement de l'informatique. Cette architecture à « programmes enregistrés » signifierait que les tâches assignées au calculateur pourraient être modifiées quasi instantanément, sans reconfiguration manuelle du câblage et des commutateurs³⁸.

Pour enregistrer un programme à l'intérieur de la machine, ils auraient besoin de créer une mémoire de grande capacité. Eckert envisagea de nombreuses méthodes pour y parvenir. « Cette programmation pourra être du type temporaire enregistré sur des disques en alliage, ou du type permanent enregistré sur des disques gravés », écrivait-il dans un mémorandum de janvier 1944³⁹. Comme pareils disques n'étaient pas encore d'un coût abordable, il proposa à la place de recourir, sur la prochaine version de l'ENIAC, à une méthode d'enregistrement meilleur marché, dite ligne à retard acoustique. Elle avait été inaugurée aux laboratoires Bell par un ingénieur du nom de William Shockley (dont il sera plus amplement question ultérieurement) puis développée au MIT. Le principe de la

ligne à retard acoustique était d'enregistrer des données sous forme d'impulsions dans un long tube rempli d'un liquide dense et lourd tel que le mercure. À une extrémité du tube, un signal électrique transportant un flux de données serait converti par un transducteur en quartz en impulsions qui oscilleraient un instant sur toute la longueur du tube. Ces vaguelettes seraient rafraîchies électriquement aussi longtemps que nécessaire. Quand le moment serait venu de récupérer les données, le transducteur en quartz les reconvertirait en un signal électrique. Chaque tube traiterait environ mille bits de données pour un centième du coût d'un circuit utilisant des lampes à vide. D'après une note rédigée par Eckert et Mauchly à l'été 1944, le successeur de l'ENIAC – la nouvelle génération – devait comporter des casiers de ces tubes de ligne à retard au mercure pour emmagasiner à la fois des données et des informations rudimentaires de programmation sous forme numérique.

John von Neumann

C'est à ce moment qu'un des personnages les plus fascinants de l'histoire de l'informatique opère son retour sur scène : John von Neumann, le mathématicien d'origine hongroise qui fut le mentor de Turing à Princeton et lui proposa d'être son assistant. Esprit universel enthousiaste et intellectuel courtois, il apporta des contributions majeures dans les domaines des statistiques, de la théorie des ensembles, de la géométrie, de la mécanique quantique, de la conception des armements nucléaires, de la dynamique des fluides, de la théorie des jeux et de l'architecture des ordinateurs. Il finirait par améliorer de manière significative l'architecture « à programmes enregistrés » qu'Eckert, Mauchly et leurs collègues avaient commencé à envisager – son nom y resterait attaché et il s'octroierait la plus grande part du mérite⁴⁰.

Von Neumann naquit à Budapest en 1903 dans une famille juive prospère, pendant une période brillante après que l'Empire austro-hongrois eut abrogé les lois restrictives envers les Juifs. En 1913, l'empereur François-Joseph accorda un titre héréditaire au banquier Max Neumann pour « services émérites dans le domaine financier », permettant ainsi aux membres de la famille de se faire appeler margittai Neumann, germanisé en Neumann von Margitta. János (ou, plus familièrement, Jancsi, Johann en Allemagne et, plus tard, en Amérique, John ou Johnny) était l'aîné de trois frères, qui tous se convertirent au catholicisme (« pour des raisons pratiques », avoua l'un d'eux) après la mort de leur père⁴¹.

Von Neumann était un autre de ces innovateurs qui se situaient à

l'intersection des humanités et des sciences. « Notre père était poète amateur et croyait que la poésie pouvait exprimer non seulement des émotions, mais aussi des idées philosophiques, raconte Nicolas, frère de John. Il considérait la poésie comme un langage à l'intérieur d'un langage, idée qui pourrait être rattachée aux hypothèses émises ultérieurement par John sur les langages de l'ordinateur et du cerveau. » À propos de sa mère, il ajoute : « Elle croyait que la musique, l'art et les plaisirs esthétiques qui leur étaient apparentés méritaient une place importante dans notre vie, que l'élégance était une qualité à révéler⁴². »

Il y a une pléthore d'anecdotes sur le génie universel du jeune von Neumann, dont certaines sont probablement authentiques. À six ans, dirait-on plus tard, il plaisantait avec son père en grec classique et divisait de tête deux nombres à huit chiffres. Pour épater ses amis dans les soirées, il mémorisait une page de l'annuaire téléphonique puis récitait les noms et les numéros, et il pouvait se rappeler au mot près des pages de romans ou d'articles qu'il avait lus dans cinq langues au choix. « Si une race mentalement surhumaine devait jamais se développer, dit un jour Edward Teller, l'un des pères de la bombe à hydrogène, ses membres ressembleront à Johnny von Neumann⁴³. »

En plus de l'école, il avait des précepteurs en mathématiques et en langues ; à quinze ans, il avait déjà complètement maîtrisé le calcul intégral avancé. Lorsqu'en 1919 le communiste Béla Kun prit brièvement le pouvoir en Hongrie, von Neumann et ses mentors déménagèrent à Vienne puis dans une station balnéaire de l'Adriatique ; il en contracta une aversion au communisme qui durerait toute sa vie. Il étudia la chimie à l'École polytechnique fédérale (ETH) de Zurich (qu'avait fréquentée Einstein) et les mathématiques à la fois à Berlin et à Budapest, et obtint son doctorat en 1926. En 1930, il alla enseigner la physique quantique à l'université de Princeton et y resta après avoir été nommé (avec Einstein et Gödel) parmi les membres fondateurs de l'Institut d'études avancées (IAS)⁴⁴.

Von Neumann et Turing, qui se rencontrèrent à Princeton, seraient ultérieurement associés comme les grands théoriciens de l'ordinateur universel mais, par leur personnalité et leur tempérament, ils étaient aux antipodes l'un de l'autre. Turing menait une existence spartiate, vivait dans des pensions de famille et des foyers, et en général ne recherchait pas le contact avec autrui ; von Neumann était un élégant bon vivant qui organisait avec sa femme de somptueuses soirées une ou deux fois par semaine dans leur immense maison de Princeton. Turing était un coureur de fond ; on pourrait dire que très peu de pensées ont jamais traversé l'esprit de von Neumann, mais l'idée de

courir sur une longue distance (ou même sur une courte distance) en faisait partie. « Il avait tendance à être négligent dans sa manière de s'habiller et dans ses habitudes », avait dit un jour la mère de Turing en parlant de son fils. Von Neumann, lui, portait un costume trois-pièces presque en permanence, y compris pour une excursion à dos d'âne dans le Grand Canyon ; même quand il était étudiant, il était si bien habillé qu'après leur première rencontre le mathématicien David Hilbert n'aurait eu, dit-on, qu'une question en tête : « Qui est son tailleur⁴⁵ ? »

En société, von Neumann adorait raconter des blagues et réciter des petits poèmes osés en diverses langues, et il mangeait de si bon cœur que sa femme dit un jour qu'il pouvait compter n'importe quoi, sauf des calories. Il conduisait avec une imprudence parfois catastrophique et raffolait des Cadillac voyantes toutes neuves. « Il en achetait une nouvelle au moins une fois par an, qu'il ait ou non démoli la précédente », notait l'historien des sciences George Dyson⁴⁶.

Pendant qu'il était à l'IAS à la fin des années 1930, von Neumann s'intéressa à la manière de modéliser mathématiquement les ondes de choc explosives. Ce qui l'amena à devenir en 1943 membre du Projet Manhattan et à se rendre fréquemment aux installations secrètes de Los Alamos, au Nouveau-Mexique, où les armes atomiques étaient développées. Comme ils ne disposaient pas d'assez d'uranium 235 pour faire plus d'une bombe, les scientifiques de Los Alamos essayaient aussi de concevoir un engin qui utiliserait le plutonium 239. Von Neumann se concentra sur les moyens de construire une « lentille explosive » qui comprimerait le cœur en plutonium de la bombe pour atteindre la masse critique^{*3}.

Évaluer ce concept de l'implosion exigeait la résolution d'une nuée d'équations capables de calculer la vitesse d'écoulement de l'air comprimé ou de tout autre matériau produit juste après l'explosion. Aussi von Neumann se donna-t-il pour mission d'appréhender le potentiel des calculateurs hyper-rapides.

Pendant l'été 1944, cette quête le conduisit aux laboratoires Bell pour étudier les versions actualisées du « calculateur de nombres complexes » de George Stibitz. La toute dernière comportait une innovation qui l'impressionna particulièrement : la bande de papier perforé qui introduisait les instructions nécessaires à chaque tâche comprenait aussi les données. Il passa aussi un certain temps à Harvard afin de déterminer si le Mark I de Howard Aiken pourrait servir aux calculs de la bombe. Tout l'été et tout l'automne de cette année-là, il fit la navette en train entre Harvard, Princeton, les laboratoires Bell et le Centre d'essais d'Aberdeen ; voletant comme

une abeille conceptuelle d'une équipe à l'autre, il opérait leur pollinisation simple et même croisée avec les idées qui avaient adhéré à son esprit pendant ses déplacements. Tout comme John Mauchly avait glané au cours de ses voyages les idées qui conduisirent au premier calculateur électronique fonctionnel, von Neumann recueillit dans ses pérégrinations les éléments et les concepts qui feraient partie de l'architecture à programme enregistré des ordinateurs.

À Harvard, Grace Hopper et son partenaire en programmation, Richard Bloch, improvisèrent un bureau pour von Neumann dans la salle de conférence juste à côté du Mark I. Von Neumann et Bloch écrivaient des équations sur le tableau noir et les introduisaient dans la machine ; Grace Hopper leur lisait les résultats intermédiaires à mesure que le Mark I les crachait. Quand la machine était en train de « faire des nombres », raconte Grace Hopper, von Neumann sortait de la salle de conférence et faisait irruption pour prédire les résultats. « Je n'oublierai jamais le manège de von Neumann, qui jaillissait une fois, deux fois de la pièce du fond et étalait les résultats au tableau noir ; et il prédisait les chiffres qui allaient sortir avec la plus grande précision dans quatre-vingt-dix-neuf pour cent des cas – c'était fantastique ! On avait carrément l'impression qu'il savait comment le calcul se déroulait, ou qu'il le sentait⁴⁷. »

Von Neumann impressionna l'équipe de Harvard avec ses aptitudes collaboratives. Il absorbait leurs idées, s'attribuait le mérite de certaines, mais disait aussi très clairement que personne ne devrait revendiquer la possession de quelque concept que ce soit. Quand vint le moment de rédiger un rapport sur ce qu'ils étaient en train de faire, von Neumann insista pour que le nom de Bloch précède le sien. « Je n'avais pas vraiment l'impression que je le méritais, raconte Bloch, mais c'est comme ça que ça s'est trouvé, alors j'apprécie⁴⁸. » Aiken était lui aussi ouvert au partage des idées. « Ne vous inquiétez pas au sujet des gens qui volent une idée, dit-il un jour à un étudiant. Si elle est originale, vous serez obligé de la leur faire ingurgiter de force. » Il n'empêche qu'il était frappé et même un peu gêné par l'attitude cavalière de von Neumann dans sa manière de choisir à qui revenait le mérite d'une idée : « Il parlait de concepts sans se préoccuper d'où ils venaient⁴⁹. »

Le problème auquel von Neumann était confronté à Harvard était que le Mark I, avec ses commutateurs électromécaniques, était atrocement lent. Il lui faudrait des mois pour achever les calculs requis par l'élaboration de la bombe atomique. Même si l'introduction des données via la bande perforée était utile dans la reprogrammation du calculateur, il était nécessaire de changer de bande manuellement chaque fois que le Mark I faisait appel à un sous-programme. Von

Neumann finit par se convaincre que la seule solution était de construire un calculateur fonctionnant à une vitesse électronique et capable de stocker et de modifier des programmes dans une mémoire interne.

Ce qui le prépara à participer à la grande avancée suivante : le développement d'un calculateur à programmes mémorisés. Aussi est-ce par un heureux hasard qu'il fit une rencontre sur le quai de la gare du Centre d'essais d'Aberdeen fin août 1944.

Von Neumann à l'université de Pennsylvanie

Le capitaine Herman Goldstine, le représentant de l'armée de terre qui travaillait sur l'ENIAC avec Mauchly et Eckert, se trouvait sur le même quai de la gare d'Aberdeen et attendait le train pour le nord. Il n'avait jamais rencontré von Neumann, mais il le reconnut instantanément. Goldstine avait tendance à être ébloui par les brillants esprits, aussi fut-il enthousiasmé par ce qui équivaldrait à un signalement de célébrité dans le monde des mathématiques : « C'est donc avec une témérité considérable que j'abordai ce personnage célèbre dans le monde entier, me présentai et commençai à lui parler. Heureusement pour moi, von Neumann était une personne chaleureuse et amicale qui faisait de son mieux pour mettre les gens à l'aise. » La conversation prit un tour plus sérieux lorsque von Neumann découvrit ce que faisait Goldstine. « Quand il se rendit compte que je m'occupais de la mise au point d'un calculateur électronique capable de 333 multiplications par seconde, le ton de notre conversation changea totalement, passant d'une bonne humeur détendue à une sorte de soutenance de doctorat en mathématiques⁵⁰. »

Sur l'invitation de Goldstine, von Neumann se rendit à Penn quelques jours plus tard pour voir l'ENIAC en cours de montage. Presper Eckert était curieux de rencontrer le célèbre mathématicien et avait songé à une sorte de test pour voir s'il était « vraiment un génie » : sa première question porterait-elle sur la structure logique de la machine ? Ce fut effectivement la première question que posa von Neumann, gagnant par là tout le respect d'Eckert⁵¹.

L'ENIAC pouvait résoudre en moins d'une heure une équation différentielle partielle qui prendrait près de quatre-vingts heures sur le Mark I de Harvard. Von Neumann fut impressionné. Toutefois, reprogrammer l'ENIAC pour exécuter différentes tâches pouvait durer des heures, et von Neumann comprit à quel point cet inconvénient était sérieux quand il s'agissait de s'attaquer à une masse de problèmes

dissimilaires. Pendant toute l'année 1944, Mauchly et Eckert s'étaient démenés pour trouver des manières de stocker les programmes à l'intérieur de la machine. L'arrivée d'un John von Neumann débordant d'idées glanées à Harvard, aux laboratoires Bell et ailleurs, fit passer sur une orbite supérieure les cogitations sur les calculateurs à programmes mémorisés.

Von Neumann, qui devint consultant auprès de l'équipe de l'ENIAC, préconisa que le programme du calculateur soit stocké dans la même mémoire que les données, de façon à pouvoir être facilement modifié pendant qu'il tournait. Son travail commença la première semaine de septembre 1944, lorsque Mauchly et Eckert lui expliquèrent la machine en détail et partagèrent avec lui leurs idées sur la création, dans la version suivante, d'« un dispositif de stockage avec des emplacements adressables » qui servirait de mémoire à la fois pour les données et pour les instructions de programmation. Comme le formula Goldstine dans une lettre à son supérieur cette semaine-là : « Nous proposons un dispositif de programmation centralisé dans lequel le programme est stocké sous forme codée dans le même type de dispositifs de stockage évoqués ci-dessus⁵². »

La série de réunions de von Neumann avec l'équipe de l'ENIAC, et en particulier quatre séances formelles qui eurent lieu au printemps 1945, acquit une telle signification qu'un procès-verbal en fut établi sous le titre « Réunions avec von Neumann ». Marchant de long en large devant le tableau noir et dirigeant la discussion avec la conviction d'un meneur de jeu digne des dialogues socratiques, il absorbait les idées, les affinait puis les écrivait au tableau. « En consultation avec nous, il adoptait la posture du professeur devant ses étudiants, raconte Jean Jennings. On lui expliquait un problème particulier qu'on avait, et on faisait toujours très attention à ce que les questions représentent des problèmes fondamentaux et pas seulement de simples problèmes mécaniques⁵³. »

Von Neumann était ouvert, mais intellectuellement intimidant. Quand il prononçait un jugement, il était inhabituel que quelqu'un le conteste. Mais Jean Jennings le faisait parfois. Un jour, elle critiqua un de ses arguments, et les hommes présents la fixèrent d'un regard incrédule. Mais von Neumann se tut, inclina la tête puis accepta l'objection. Von Neumann savait écouter et maîtrisait l'art doux de l'humilité simulée⁵⁴. D'après Jean Jennings, « il était une stupéfiante combinaison entre un homme très brillant qui sait qu'il est brillant, et un homme qui est en même temps très modeste et timide quand il s'agit de présenter ses idées à autrui. Il ne tenait pas en place et marchait de long en large dans la pièce, mais quand il exposait ses idées c'était presque comme s'il s'excusait de ne pas être d'accord avec

vous ou de penser mieux que vous. »

Von Neumann était particulièrement doué pour concevoir les fondements de la programmation informatique, art encore mal défini à l'époque et qui n'avait guère progressé depuis qu'Ada Lovelace avait écrit les étapes nécessaires pour faire générer les nombres de Bernoulli par la machine analytique. Il comprit que la création d'un jeu d'instructions élégant impliquait à la fois une logique rigoureuse et une expression précise. « Il était très minutieux quand il expliquait pourquoi nous avions besoin d'une expression particulière ou pourquoi nous pouvions nous passer d'une instruction, raconte Jean Jennings. C'était la toute première fois que je prenais conscience de l'importance de l'encodage des instructions, de la logique qui était derrière et des ingrédients que devait avoir un ensemble entier d'instructions. » C'était une manifestation de son talent plus général, qui était d'aller droit à l'essence d'une nouvelle idée. « Le don que von Neumann avait – et j'ai remarqué que c'est le cas chez d'autres génies –, c'est la capacité d'extraire d'un problème particulier la seule chose qui compte⁵⁵. »

Von Neumann avait compris qu'ils faisaient plus que simplement améliorer l'ENIAC afin qu'il puisse être reprogrammé plus rapidement. Plus significatif encore, ils étaient en train de concrétiser la vision d'Ada en créant une machine qui pourrait exécuter n'importe quelle tâche logique sur n'importe quel ensemble de symboles. D'après George Dyson, « l'ordinateur à programme enregistré, tel qu'il a été conçu par Alan Turing et réalisé par John von Neumann, abolit la distinction entre les nombres qui signifiaient des choses et les nombres qui font des choses. Notre univers ne serait plus jamais le même⁵⁶. »

En outre, von Neumann avait compris plus facilement que ses collègues un important avantage de la coexistence des données et des programmes dans la même mémoire. Cette mémoire pouvait être effaçable – ce que nous appelons aujourd'hui une mémoire vive. Ce qui signifiait que les instructions du programme enregistrées pouvaient être modifiées non seulement à la fin d'un traitement, mais à n'importe quel moment pendant que le programme tournait. Le calculateur pouvait modifier lui-même son programme sur la base des résultats qu'il obtenait. Pour faciliter cela, von Neumann eut l'idée d'un langage de programmation à adresses variables qui permettait une commutation facile pour modifier les instructions en marche⁵⁷.

L'équipe de l'université de Pennsylvanie proposa à l'armée de terre de construire un ENIAC amélioré sur ces bases. Il serait binaire au lieu d'être décimal, utiliserait des lignes de retard au mercure pour la mémoire et comprendrait une grande partie – mais pas l'intégralité –

de ce qu'on appellerait « l'architecture von Neumann ». Dans la proposition originelle faite à l'armée, cette machine s'appelait *Electronic Discrete Variable Automatic Calculator*. De plus en plus, toutefois, les membres de l'équipe se mirent à le désigner par le terme *computer* – ordinateur – parce qu'il allait faire bien plus que de simples calculs. Aucune importance. Tout le monde l'appela EDVAC tout court.

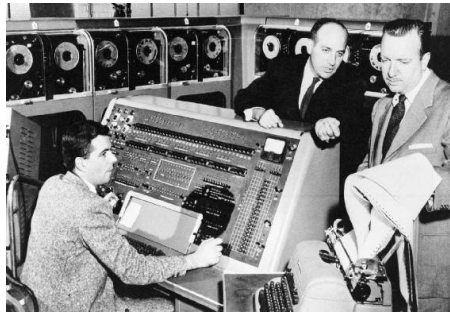
Tout au long des années qui suivirent, lors de procès en propriété intellectuelle et de congrès, dans des livres et dans des articles conflictuels d'historiens des sciences, il y aurait des débats pour savoir à qui revenait la plus grande part du mérite relatif aux idées, développées en 1944 et au début de 1945, qui devinrent une partie intégrante du concept d'ordinateur à programme enregistré. Le récit ci-dessus, par exemple, attribue le mérite principal à Eckert et Mauchly pour le concept de programme enregistré, et à von Neumann pour avoir compris l'importance de la capacité de l'ordinateur à modifier en marche son programme enregistré et pour avoir créé la fonctionnalité de programmation à adresses variables qui le facilitait. Mais comprendre dans quelle mesure l'innovation à Penn fut un autre exemple de créativité collaborative est peut-être plus important que de répartir le mérite entre les uns et les autres. Von Neumann, Eckert, Mauchly, Goldstine, Jean Jennings et bien d'autres ont agité collectivement des idées et ont suscité des apports fructueux de la part d'ingénieurs, d'experts en électronique, de spécialistes des matériaux et de programmeurs.



John von Neumann (1903-1957) en 1954.



Herman Goldstine (1913-2004) vers 1944.



Presper Eckert (au centre) et Walter Cronkite, présentateur de la chaîne CBS (à droite), examinent une prédiction des résultats des élections donnée par l'UNIVAC en 1952.

La plupart d'entre nous ont participé à des séances collectives de *brainstorming* qui ont produit des idées créatives. Quelques jours seulement plus tard, il peut déjà y avoir des souvenirs différents sur qui a suggéré quoi le premier, et nous prenons conscience que la formation des idées a été plus influencée par une interaction répétée au sein du groupe que par le lancement individuel d'un concept entièrement original. Les étincelles viennent des idées qui se frottent les unes contre les autres plutôt que d'éclairs qui jaillissent d'un ciel serein. C'était vrai aux laboratoires Bell, à Los Alamos, à Bletchley Park et à Penn. L'une des grandes forces de von Neumann était ses

talents d'impresario dans un tel processus créateur collaboratif – interroger, écouter, émettre discrètement des propositions au stade expérimental, articuler et collationner.

La propension de von Neumann à recueillir et à compiler des idées sans se préoccuper d'en localiser l'origine exacte s'est révélée utile pour ensemençer et féconder les concepts qui furent intégrés à l'EDVAC. Mais elle est parfois restée en travers de la gorge de ceux qui se préoccupaient plus de voir leurs mérites – ou même leurs droits de propriété intellectuelle – reconnus là où il fallait. Il proclama un jour qu'il n'était pas possible d'attribuer l'origine d'idées débattues dans un groupe. En entendant cela, Eckert aurait dit : « Vraiment⁵⁸ ? »

Les avantages et les inconvénients de la démarche de von Neumann devinrent apparents en juin 1945. Après avoir papillonné pendant dix mois autour des travaux exécutés à Penn, il proposa de coucher sur le papier un résumé des discussions de l'équipe. Ce à quoi il s'employa pendant un long trajet en train qui le conduisait à Los Alamos.

Dans son rapport manuscrit, qu'il renvoya par la poste à Goldstine, von Neumann décrivait avec une grande densité de précisions mathématiques la structure et le contrôle logique de l'ordinateur à programme enregistré proposé et expliquait pourquoi il était « tentant de traiter la mémoire tout entière comme un organe unique ». Lorsque Eckert demanda pourquoi von Neumann semblait préparer un article fondé sur les idées que d'autres avaient contribué à développer, Goldstine le rassura : « Il essaie simplement de mettre tout ça au clair dans son esprit et il l'a fait en m'écrivant des lettres de façon que nous puissions lui répondre s'il n'a pas correctement compris⁵⁹. »

Von Neumann avait laissé des blancs pour insérer des références aux travaux d'autrui et en réalité son texte ne mentionnait jamais l'acronyme EDVAC. Mais lorsque Goldstine fit dactylographier l'article (qui totalisait 101 pages), il en attribua la paternité exclusive à son idole. La page de titre composée par ses soins annonçait « Projet de rapport sur l'EDVAC par John von Neumann ». Goldstine en produisit vingt-quatre exemplaires ronéotés, qu'il distribua fin juin 1945⁶⁰.

Ce « Projet de rapport » fut un document immensément utile qui guida le développement des ordinateurs subséquents pendant au moins une décennie. La décision de von Neumann de le rédiger et d'autoriser Goldstine à le distribuer reflétait l'ouverture d'esprit des scientifiques de formation universitaire, surtout les mathématiciens, qui ont tendance à vouloir publier et disséminer au lieu de tenter de défendre leur propriété intellectuelle. « J'ai certainement l'intention de jouer mon rôle pour maintenir autant que possible cette spécialité dans le domaine public (du point de vue des brevets) », expliqua von

Neumann à un collègue. Il avait deux objectifs en rédigeant ce rapport, dit-il plus tard : « contribuer à clarifier et à coordonner la réflexion du groupe travaillant sur l'EDVAC » et « encourager le développement de l'art de construire des calculateurs à grande vitesse ». Il précisait qu'il n'essayait pas de revendiquer la moindre propriété de ces concepts et qu'il n'avait en l'espèce jamais déposé de demande de brevet⁶¹.

Eckert et Mauchly voyaient les choses différemment. « Vous savez, nous avons finalement considéré von Neumann comme un trafiquant des idées des autres avec Goldstine comme VRP en chef, dirait plus tard Eckert. Von Neumann volait des idées et essayait de faire croire que les travaux réalisés à l'école Moore étaient les siens⁶². » Jean Jennings était du même avis. Plus tard, elle déplora que « Goldstine ait soutenu avec enthousiasme les prétentions malhonnêtes de von Neumann et ait en gros aidé ce type à pirater les travaux d'Eckert, de Mauchly et des autres membres du groupe de l'école Moore⁶³ ».

Ce qui consternait particulièrement Mauchly et Eckert, qui essayèrent de faire breveter nombre des concepts sous-jacents à l'ENIAC puis à l'EDVAC, c'était que, d'un point de vue juridique, la diffusion du rapport de von Neumann plaçait lesdits concepts dans le domaine public. Lorsque Mauchly et Eckert tentèrent de faire breveter l'architecture de l'ordinateur à programme enregistré, ils en furent empêchés, car (ainsi que le conclurent finalement à la fois les avocats de l'armée de terre et les tribunaux) le rapport de von Neumann constituait une « publication antérieure » de ces idées.

Ces litiges en matière de brevets servirent de prologue à une interrogation majeure de l'ère numérique : la propriété intellectuelle devrait-elle être librement partagée et placée, chaque fois que c'est possible, dans le domaine public et les banques de données en open source ? Cette démarche, majoritairement suivie par les développeurs d'Internet et du Web, peut encourager l'innovation par la dissémination rapide des idées et leur amélioration par production collaborative. Ou alors, les droits afférents à la propriété intellectuelle devraient-ils être protégés et les inventeurs autorisés à tirer profit de leurs idées et innovations dûment déposées ? Cette démarche, majoritairement suivie dans les industries du matériel informatique, de l'électronique et des semi-conducteurs, est à même de fournir les incitations financières et l'investissement en capital qui encouragent l'innovation et récompensent la prise de risques. Depuis soixante-dix ans que von Neumann a placé son « Projet de rapport » sur l'EDVAC dans le domaine public, la tendance en informatique est toujours, avec quelques exceptions notables, vers une approche plus fermée, plus protectionniste. Un palier décisif a été atteint en 2011 : Apple et

Google ont dépensé plus d'argent en procès et en débours liés aux brevets qu'ils n'en ont investi dans la recherche et le développement de nouveaux produits⁶⁴.

La présentation publique de l'ENIAC

Alors même que l'équipe basée à Penn concevait l'EDVAC, elle se démenait pour rendre fonctionnel son prédécesseur, l'ENIAC. Ce qui se produisit à l'automne 1945.

À cette date, la guerre était déjà finie. Il n'y avait plus besoin de calculer des tables d'artillerie, mais la première tâche de l'ENIAC impliqua néanmoins des armements. Cette commande secrète émanait de Los Alamos, le laboratoire des armes atomiques au Nouveau-Mexique, où le physicien théoricien d'origine hongroise Edward Teller avait élaboré une proposition pour une bombe à hydrogène, surnommée « la Super », dans laquelle un engin à fission atomique serait utilisé pour créer une réaction de fusion. Afin de déterminer comment cela se passerait, les scientifiques avaient besoin de calculer la force des réactions à chaque dix-millionième de seconde.

La nature du problème était classée secret-défense, mais les équations démesurées n'en furent pas moins transmises à Penn en octobre pour que l'ENIAC les traite. Il fallait presque un million de cartes perforées pour entrer les données, et Jean Jennings fut convoquée dans la salle de l'ENIAC avec quelques-uns de ses collègues afin que Goldstine puisse diriger le processus d'initialisation. L'ENIAC résolut les équations et ce faisant démontra que le système élaboré par Teller était affecté d'un défaut. Le mathématicien et réfugié polonais Stanislaw Ulam travailla subséquemment avec Teller (et Klaus Fuch, qui se révéla être un espion russe) pour modifier le concept de la bombe à hydrogène sur la base des résultats fournis par l'ENIAC, de façon à ce qu'il puisse produire une réaction thermonucléaire massive⁶⁵.

Il fallut attendre que ces tâches classées secret-défense soient terminées pour dévoiler l'ENIAC. Il ne fut pas montré au public avant le 15 février 1946, date à laquelle l'armée et l'université de Pennsylvanie avaient prévu un gala de présentation avec quelques reportages de presse en avant-première⁶⁶. Le capitaine Goldstine décida que le clou de la présentation serait le calcul d'une trajectoire de projectile. Aussi, trois semaines à l'avance, il invita Jean Jennings et Betty Snyder dans son appartement, et tandis qu'Adele servait le thé, il leur demanda si elles pourraient programmer à temps l'ENIAC

pour cette démonstration. « On y arriverait sûrement », dit Jean Jennings, enthousiasmée par cette perspective. Elles pourraient avoir ainsi un contact physique avec la machine, ce qui était rare⁶⁷. Elles se mirent au travail : enficher les bus mémoire dans les unités correctes et préparer les tiroirs de cartes de programmation.

Les hommes savaient que le succès de leur démonstration était dans les mains de ces deux femmes. Mauchly vint les voir un samedi avec une bouteille d'eau-de-vie d'abricot pour leur faire garder le moral. « C'était délicieux, raconte Jean Jennings. À partir de ce jour, j'ai toujours eu une bouteille d'eau-de-vie d'abricot dans mon placard. » Quelques jours plus tard, le doyen de l'école d'ingénierie leur apporta dans un sac en papier une bouteille de whisky. « Bon travail, leur dit-il. Continuez. » Betty Snyder et Jean Jennings n'étaient pas des piliers de bar, mais ces cadeaux remplirent leurs objectifs. « Ça nous a fait bien comprendre l'importance de cette démonstration », se rappelle Jean Jennings⁶⁸.

La veille de la démonstration était le 14 février, mais en dépit de leur vie sociale normalement chargée, Betty Snyder et Jean Jennings ne fêtèrent pas la Saint-Valentin. « À la place, nous sommes restées enfermées avec cette merveilleuse machine, l'ENIAC, occupées à faire les dernières corrections et vérifications sur le programme », raconte Jean Jennings. Il y avait un pépin coriace qu'elles n'arrivaient pas à localiser : le programme réussissait brillamment à débiter des données sur la trajectoire des obus d'artillerie, seulement il ne savait pas quand s'arrêter. Même quand l'obus avait percuté le sol, le programme continuait de calculer sa trajectoire « comme un obus hypothétique qui s'enfoncerait dans le sol à la vitesse à laquelle il avait volé », selon la description de Jean Jennings. « À moins que ce problème soit résolu, nous savions que la démonstration serait un fiasco qui plongerait dans l'embarras les inventeurs de l'ENIAC et les ingénieurs⁶⁹. »

Jean Jennings et Betty Snyder travaillèrent jusqu'à une heure tardive la veille de la présentation à la presse pour essayer de rectifier le tir, mais sans y parvenir. Elles abandonnèrent finalement à minuit, parce que Betty devait prendre le dernier train pour regagner son domicile en banlieue. Mais après s'être couchée, elle trouva la solution : « Je me suis réveillée au milieu de la nuit en pensant avoir identifié l'erreur [...] Alors j'ai pris le premier train du matin pour aller sur place examiner un certain fil. » Le problème était qu'un réglage à la fin d'une boucle « faire tant que... » était en retard d'un chiffre. Betty Snyder bascula l'interrupteur *ad hoc* et la panne fut réparée. « Betty pouvait faire plus de raisonnements logiques pendant son sommeil que la plupart des gens ne peuvent en faire quand ils sont

éveillés, dirait plus tard une Jean Jennings admirative. Quand elle dormait, son subconscient défaisait le nœud qui avait résisté à son esprit conscient⁷⁰. »

Lors de la démonstration, l'ENIAC réussit à débiter en quinze secondes un ensemble de calculs de trajectoires de projectiles qui aurait pris plusieurs semaines aux calculatrices humaines, même en travaillant avec un analyseur différentiel du MIT. Ce fut très spectaculaire. Mauchly et Eckert, comme tous les bons innovateurs, savaient se mettre en scène. L'extrémité des lampes à vide dans les accumulateurs de l'ENIAC, qui étaient disposées en matrices 10 x 10, sortait par des trous pratiqués dans le panneau frontal de la machine. Mais la faible lumière de ces ampoules au néon, qui servaient de témoins, était à peine visible. Eckert se procura donc des balles de ping-pong, les coupa en deux, les numérotait et en coiffa les lampes. Lorsque le calculateur commença à traiter les données, on éteignit les lumières dans la salle afin que les spectateurs soient hypnotisés par ces balles de ping-pong clignotantes, spectacle qui deviendrait un cliché obligatoire au cinéma et à la télévision. « À mesure que la trajectoire se calculait, les nombres remplissaient les accumulateurs et étaient transférés d'un endroit à l'autre, et les lumières commençaient à clignoter comme les ampoules des enseignes lumineuses à Las Vegas, disait Jean Jennings. Nous avons réussi ce que nous avions entrepris. Nous avons programmé l'ENIAC⁷¹. » Il vaut la peine de le répéter : *elles avaient programmé l'ENIAC.*

L'inauguration de l'ENIAC fit la une du *New York Times* sous la manchette « Ce calculateur électronique qui travaille à la vitesse de l'éclair pourrait accélérer l'ingénierie ». L'article commençait ainsi : « L'un des plus grands secrets de la dernière guerre, une stupéfiante machine qui applique pour la première fois la vitesse de l'électronique à des tâches mathématiques jusqu'ici trop difficiles ou trop volumineuses pour être résolues, a été dévoilé ce soir par le ministère de la Guerre.⁷² » L'article se poursuivait sur une pleine page à l'intérieur du quotidien, avec des photos de Mauchly, d'Eckert, et de l'ENIAC à l'étroit dans sa salle. Mauchly proclamait que la machine allait améliorer les prévisions météorologiques (sa première passion), la conception des avions, et celle de « projectiles opérant à des vitesses supersoniques ». La dépêche de l'Associated Press rendait compte d'une vision encore plus grandiose : « Ce robot a ouvert la voie mathématique vers une vie meilleure pour tous⁷³. » À titre d'exemple d'une « vie meilleure », Mauchly affirmait que les calculateurs pourraient un jour servir à diminuer le coût d'une miche de pain. Il n'expliquait pas comment, mais cette idée et des millions d'autres extrapolations firent surface.

Plus tard, Jean Jennings déplora, dans la tradition d'Ada Lovelace, que de nombreux articles et reportages aient surestimé les capacités de l'ENIAC en le qualifiant de « cerveau géant » et en sous-entendant qu'il pouvait penser : « L'ENIAC n'était pas un cerveau à quelque titre que ce soit. Il ne pouvait pas raisonner, ce qui est toujours le cas des ordinateurs, mais il pouvait fournir aux humains plus de données à utiliser dans leurs raisonnements. »

Elle avait un autre reproche à faire, qui la touchait plus personnellement : « Betty et moi avons été ignorées et oubliées après la démonstration. Nous avons eu l'impression d'avoir joué un rôle dans un film fascinant qui a brusquement mal tourné, dans lequel nous avons travaillé comme des bêtes pendant deux semaines pour produire quelque chose de vraiment spectaculaire, et d'avoir été effacées du scénario. » Ce soir-là, on donna un dîner aux chandelles dans le vénérable Houston Hall de l'université de Pennsylvanie. Il y avait là des vedettes de la science, des huiles de l'armée et la plupart des hommes qui avaient travaillé sur l'ENIAC. Mais ni Jean Jennings ni Betty Snyder n'étaient présentes, ni d'ailleurs aucune autre des programmeuses⁷⁴. « Betty et moi n'étions pas invitées, raconte Jean Jennings, alors nous avons été comme qui dirait horrifiées⁷⁵. » Tandis que les hommes et divers dignitaires fêtaient l'événement, Jean et Betty rentrèrent chez elles seules dans la froide nuit de février.

Les premiers ordinateurs à programme enregistré

Le désir de Mauchly et d'Eckert de faire breveter – et de rentabiliser – ce qu'ils avaient contribué à créer souleva des problèmes à Penn, où l'on n'avait pas encore de politique claire en matière de répartition des droits de propriété intellectuelle. Mauchly et Eckert furent autorisés à déposer des demandes de brevet pour l'ENIAC, mais l'université insista alors pour obtenir non seulement des licences d'exploitation libres de droits, mais aussi le droit d'accorder à son tour des licences sur tous les aspects de la conception de l'ENIAC. En outre, les parties ne purent se mettre d'accord sur qui disposerait des droits relatifs aux innovations de l'EDVAC. Le litige était complexe, mais le résultat fut que Mauchly et Eckert quittèrent Penn fin mars 1946⁷⁶.

Ils fondèrent ce qui devint la Eckert-Mauchly Computer Corporation, basée à Philadelphie, et firent œuvre de pionniers dans l'évolution de l'informatique, discipline universitaire promue entreprise commerciale. (En 1950, leur société et les brevets qui leur seraient accordés furent rattachés à Remington Rand, qui devint Sperry Rand et finalement Unisys.) Au nombre des machines qu'ils construisirent se trouvait l'UNIVAC, qui fut acheté par le Bureau du

recensement et d'autres clients, dont General Electric.

Avec ses lumières clignotantes et son aura hollywoodienne, l'UNIVAC devint célèbre lorsque CBS l'intégra à sa nuit des présidentielles en 1952. Walter Cronkite, le jeune présentateur vedette des informations, doutait que l'énorme machine puisse être très utile comparée aux compétences des correspondants de la chaîne, mais il convint qu'elle pourrait fournir un spectacle amusant aux téléspectateurs. S'étant assuré le concours d'un statisticien de Penn, Mauchly et Eckert élaborèrent un programme qui comparait les premiers résultats de certaines circonscriptions témoins aux résultats des élections antérieures. À 20 h 30 sur la côte Est, bien avant la fermeture de la plupart des bureaux de vote sur l'ensemble des États-Unis, l'UNIVAC prédisait déjà avec une probabilité de 100 contre 1 une victoire facile de Dwight Eisenhower sur Adlai Stevenson. CBS commença par taire le verdict de l'UNIVAC ; Cronkite dit aux téléspectateurs que l'ordinateur n'avait pas encore abouti à une conclusion. Plus tard dans la nuit, toutefois, quand le décompte des voix eut confirmé qu'Eisenhower avait gagné haut la main, Cronkite délégua l'envoyé spécial Charles Collingwood à l'antenne pour avouer que l'UNIVAC l'avait prédit en début de soirée, mais que CBS n'avait pas passé l'information. L'UNIVAC devint une célébrité et un habitué incontournable des soirées des électorales ultérieures⁷⁷.

Eckert et Mauchly n'oublièrent pas l'importance des programmeuses qui avaient travaillé avec eux à Penn, même si elles n'avaient pas été invitées au dîner inaugural de l'ENIAC. Ils engagèrent Betty Snyder, qui, sous son nom marital Betty Holberton, devint ensuite une pionnière de la programmation qui contribua au développement des langages COBOL et Fortran, et Jean Jennings, qui épousa un ingénieur et devint Jean Jennings Bartik. Mauchly voulait aussi recruter Kay McNulty, mais quand il eut perdu sa femme, victime d'une noyade accidentelle, il la demanda en mariage. Ils eurent cinq enfants et elle continua à aider à la conception de logiciels pour l'UNIVAC.

Mauchly recruta aussi leur doyenne, Grace Hopper. « Il laissait les gens essayer des trucs, répondit-elle quand on lui demanda pourquoi elle s'était laissée convaincre de rejoindre la Eckert-Mauchly Corporation. Il encourageait l'innovation⁷⁸. » En 1952, elle avait déjà créé le premier compilateur fonctionnel du monde, le « système A-0 », qui traduisait le code mathématique symbolique en langage machine et facilitait donc l'écriture des programmes pour le commun des mortels.

En bon lieutenant de marine, Grace Hopper appréciait une collaboration du style « tout le monde sur le pont ! » et contribua au

développement de la méthode d'innovation dite « open source » en envoyant des versions initiales du compilateur à ses amis et connaissances dans le milieu de la programmation et en leur demandant d'y apporter des améliorations. Elle recourut au même processus de développement ouvert quand elle officia comme directeur technique pour coordonner la création du COBOL, premier langage informatique normalisé multi-plate-forme à vocation commerciale⁷⁹. Son intuition que la programmation devrait être indépendante de la machine reflétait sa préférence pour la collégialité ; son sentiment était que même les machines devaient pouvoir bien marcher ensemble. Elle montrait aussi qu'elle avait compris très tôt un trait qui définirait l'ère informatique : que le matériel deviendrait une simple marchandise et que la vraie valeur résiderait dans le logiciel – la programmation. Jusqu'à ce que Bill Gates entre en scène, c'était une intuition qui échappait à la plupart des hommes^{*4}.

Von Neumann affichait son dédain pour la démarche mercenaire du tandem Eckert-Mauchly. « Eckert et Mauchly sont un groupe commercial avec une politique commerciale en matière de brevets, se plaignait-il à un ami. Nous ne pouvons pas travailler avec eux directement ni indirectement de la même manière ouverte dont nous travaillerions avec un groupe d'universitaires⁸⁰. » Or, malgré toute sa rectitude, von Neumann ne dédaignait pas gagner de l'argent avec ses idées. En 1945, il négocia personnellement un contrat de consultant chez IBM qui accordait à cette société les droits sur toutes les inventions qu'il ferait. C'était un arrangement parfaitement valide. Il n'en scandalisa pas moins Eckert et Mauchly : « Il a vendu nos idées à IBM par ce moyen détourné, enrageait Eckert. Il parlait avec une langue fourchue. Il disait une chose et en faisait une autre. Il ne fallait pas lui faire confiance⁸¹. »

Une fois Mauchly et Eckert partis, l'université de Pennsylvanie perdit rapidement son rôle de centre de l'innovation. Von Neumann partit lui aussi, pour retourner à l'Institut d'études avancées de Princeton. Il emmena avec lui Herman et Adele Goldstine, plus quelques ingénieurs incontournables comme Arthur Burks. « Peut-être que les institutions comme les gens peuvent se fatiguer », écrirait plus tard Goldstine en méditant sur l'effacement de Penn comme épice du développement de l'ordinateur⁸². Les ordinateurs y étaient considérés comme des outils et non comme un sujet d'études spécialisées. Peu de membres du corps enseignant se rendaient compte que l'informatique allait mûrir et devenir une discipline universitaire encore plus importante que l'ingénierie électrique.

Malgré cet exode, Penn réussit encore une fois à jouer un rôle crucial dans le développement de l'ordinateur. En 1946, la plupart des experts dans cette spécialité – dont von Neumann, Goldstine, Eckert, Mauchly et d'autres rebelles – retournèrent à Philadelphie pour une série d'exposés et de séminaires, dites Conférences de l'école Moore, qui allaient disséminer leurs connaissances en informatique. Ce programme étalé sur huit semaines attira Howard Aiken, George Stibitz, Douglas Hartree de l'université de Manchester et Maurice Wilkes de Cambridge. L'un des principaux centres d'intérêt était l'importance de l'architecture à programmes enregistrés si les calculateurs devaient concrétiser un jour la vision de Turing et devenir des machines universelles. Par conséquent, les idées en matière d'architecture informatique élaborées de manière collaborative par Mauchly, Eckert, von Neumann et d'autres à l'université de Pennsylvanie devinrent le fondement de la plupart des ordinateurs ultérieurs.

Le privilège d'être les premiers calculateurs à programmes enregistrés échet à deux machines qui furent achevées, presque simultanément, durant l'été 1948. L'une était une actualisation de l'ENIAC originel. Von Neumann et Goldstine, avec les ingénieurs Nick Metropolis et Richard Clippinger, élaborèrent une méthode pour employer trois des tables de fonctions de l'ENIAC au stockage d'un ensemble rudimentaire d'instructions⁸³. Ces tables de fonctions avaient été utilisées pour emmagasiner des données relatives à la traînée aérodynamique d'un obus d'artillerie, mais cet espace mémoire pouvait être recyclé à d'autres fins puisque la machine ne servait plus à calculer des tables de tir. Là encore, le travail de programmation fut essentiellement l'œuvre des femmes : Adele Goldstine, Klára von Neumann et Jean Jennings Bartik. « J'ai travaillé à nouveau avec Adele quand nous avons développé, avec d'autres, la version originale du code exigé pour transformer l'ENIAC en un ordinateur à programmes enregistrés en utilisant les tables de fonctions pour stocker les instructions codées », confirmerait Jean Bartik⁸⁴.

Cet ENIAC reconfiguré, qui devint opérationnel en avril 1948, avait une mémoire morte (ROM), ce qui signifiait qu'il était difficile de modifier les programmes pendant qu'ils tournaient. En outre, sa mémoire à ligne de retard au mercure était lente et exigeait une ingénierie de précision. À l'université de Manchester, en Angleterre, ces deux inconvénients furent évités dans une petite machine construite dès le départ pour fonctionner comme un calculateur à programme enregistré. Surnommé le « Manchester Baby », il devint opérationnel en juin 1948.

Le laboratoire de calcul de l'université de Manchester était dirigé par Max Newman, le mentor de Turing, et les travaux de base sur le nouveau calculateur furent effectués par Frederic Calland Williams et Thomas Kilburn. Williams inventa un mécanisme de stockage mémoire recourant à des tubes cathodiques, ce qui rendait la machine plus rapide et plus simple que celles utilisant des lignes de retard au mercure. Elle fut si efficace qu'elle conduisit au Manchester Mark I, plus puissant, opérationnel dès avril 1949 tout comme l'EDSAC, achevé par Maurice Wilkes et son équipe à Cambridge en mai⁸⁵.

Pendant que ces machines étaient en chantier, Turing essayait lui aussi de développer un calculateur à programme enregistré. Après avoir quitté Bletchley Park, il rejoignit le Laboratoire national de physique (NPL), prestigieux établissement situé à Londres, où il conçut un calculateur baptisé *Automatic Computing Engine* – machine à calculer automatique – en hommage aux deux machines de Babbage. Mais la construction de l'ACE progressait par à-coups. En 1948, Turing, déjà lassé de cette inefficacité et frustré par le fait que ses collègues ne voyaient pas l'intérêt de repousser les limites de l'apprentissage des machines et de l'intelligence artificielle, quitta le NPL pour rejoindre Max Newman à Manchester⁸⁶.

Parallèlement, von Neumann se lança dans le développement d'un calculateur à programme enregistré dès qu'il se fut installé à l'Institut d'études avancées de Princeton en 1946 ; cette entreprise est relatée dans l'ouvrage de George Dyson, *La Cathédrale de Turing*. Le directeur de l'IAS, Frank Aydelotte, et le représentant le plus influent du corps enseignant, Oswald Veblen, farouches partisans de ce qu'on finirait par appeler la « machine IAS », repoussaient les critiques d'autres professeurs pour qui la construction d'une machine à calculer déshonorerait la mission de ce qui était censé être un refuge de la pensée théorique. « Il stupéfiait ou même horrifiait certains de ses collègues mathématiciens adeptes de l'abstraction la plus érudite en professant ouvertement son intérêt prononcé pour d'autres outils mathématiques que le tableau noir, la craie, le crayon et le papier, raconte Klára, l'épouse de von Neumann. Sa proposition de construire une machine à calculer électronique sous le dôme sacré de l'Institut ne fut pas accueillie par des applaudissements, c'est le moins qu'on puisse dire⁸⁷. »

Von Neumann et son équipe furent relégués dans des locaux initialement alloués au secrétaire du logicien Kurt Gödel, qui en fait n'en avait pas besoin. Tout au long de l'année 1946, ils publièrent des articles détaillés sur leur projet, qu'ils transmirent à la Bibliothèque du Congrès à Washington et au Bureau des brevets, mais accompagnés de déclarations écrites sous serment précisant qu'ils désiraient que ces

travaux restent dans le domaine public.

La machine devint totalement opérationnelle en 1952, mais elle fut progressivement abandonnée quand von Neumann eut quitté Princeton pour Washington afin de rejoindre la Commission de l'énergie nucléaire (AEC). « La disparition de notre groupe informatique a été une catastrophe non seulement pour Princeton, mais aussi pour la science en général, déclara le physicien Freeman Dyson, membre de l'IAS (et père de l'historien George Dyson). Cela signifiait qu'en cette période critique des années 1950 il n'existait plus de centre universitaire où toutes sortes de spécialistes de l'informatique aient pu se rassembler au niveau intellectuel le plus élevé⁸⁸. » Au lieu de quoi, à partir des années 1950, l'innovation en informatique fut transférée au monde de l'entreprise, sous l'impulsion de sociétés telles que Ferranti, IBM, Remington Rand et Honeywell.

Cette évolution nous ramène au problème de la protection des brevets. Si von Neumann et son équipe avaient continué de lancer des innovations et de les mettre dans le domaine public, pareil schéma de développement (de type open source) aurait-il conduit à accélérer le perfectionnement des ordinateurs ? Ou alors, les lois du marché, la concurrence et les avantages financiers de la création d'une propriété intellectuelle sont-ils plus efficaces pour encourager l'innovation ? Dans le cas d'Internet, du Web et de certaines formes de logiciel, l'open source serait plus efficace. S'agissant du matériel, en revanche, que ce soit les ordinateurs ou les circuits intégrés, c'est le système dit « propriétaire » qui a fourni les incitations à la base de la flambée innovatrice des années 1950. Si cette démarche a bien fonctionné, surtout pour les ordinateurs, c'était que de puissantes organisations industrielles, qui avaient besoin de lever des fonds de roulement, étaient plus efficaces quand il fallait traiter la recherche et le développement, la fabrication et la commercialisation de telles machines. En outre, jusqu'au milieu des années 1990, la protection par brevet était plus facile à obtenir pour le matériel que pour le logiciel^{*5}. Toutefois, la protection accordée par les brevets à l'innovation dans le domaine du matériel avait un côté négatif : le modèle propriétaire a produit des sociétés tellement enracinées dans leurs habitudes et leur position défensive qu'elles ratèrent la révolution de l'ordinateur individuel du début des années 1970.

Les machines peuvent-elles penser ?

Réfléchissant au développement des calculateurs à programme enregistré, Alan Turing s'intéressa à l'affirmation émise par Ada Lovelace un siècle plus tôt dans sa note finale sur la machine

analytique de Babbage, à savoir que les machines ne pouvaient pas vraiment penser. Si une machine pouvait elle-même modifier son programme sur la base des informations qu'elle traitait, se demanda Turing, ne serait-ce pas là une forme d'apprentissage ? Cela pourrait-il conduire à l'intelligence artificielle ?

La problématique de l'intelligence artificielle remonte aux Anciens. De même que les questions impliquant la conscience humaine. Comme pour la plupart des questions de cette sorte, Descartes a efficacement contribué à les poser en termes modernes. Dans son *Discours de la méthode* de 1637, qui contient sa célèbre affirmation « Je pense, donc je suis », il écrivait :

« S'il y avait de telles machines [...] qui eussent la ressemblance de nos corps et imitassent autant nos actions que moralement il serait possible, nous aurions toujours deux moyens très certains pour reconnaître qu'elles ne seraient point pour cela de vrais hommes. Dont le premier est que jamais elles ne pourraient user de paroles, ni d'autres signes en les composant, comme nous faisons pour déclarer aux autres nos pensées. Car on peut bien concevoir qu'une machine soit tellement faite qu'elle profère des paroles [...] mais non pas qu'elle les arrange diversement, pour répondre au sens de tout ce qui se dira en sa présence, ainsi que les hommes les plus hébétés peuvent faire. Et le second est que, bien qu'elles fissent plusieurs choses aussi bien, ou peut-être mieux qu'aucun de nous, elles manqueraient infailliblement en quelques autres, par lesquelles on découvrirait qu'elles n'agiraient pas par connaissance, mais seulement par la disposition de leurs organes. »

Turing s'intéressait depuis longtemps à la manière dont les calculateurs pourraient reproduire le mécanisme d'un cerveau humain, et cette curiosité se prolongea par ses travaux sur les machines qui déchiffraient le langage codé. Au début de 1943, alors que le Colossus était en cours de conception à Bletchley Park, Turing se rendit en bateau aux États-Unis pour une mission aux laboratoires Bell à Manhattan, où il s'entretint avec l'équipe travaillant sur le chiffrement électronique de la parole, technologie qui pourrait brouiller et décrypter électroniquement les conversations téléphoniques.

C'est là qu'il rencontra le pittoresque génie Claude Shannon, cet ancien étudiant du MIT qui écrivit en 1937 le mémoire fondateur montrant comment l'algèbre de Boole, qui transformait les propositions logiques en équations, pouvait être traitée par des circuits électroniques. Shannon et Turing commencèrent à se rencontrer les après-midi pour prendre le thé et avoir de longues conversations. Ils

s'intéressaient tous les deux aux neurosciences et se rendirent compte que leurs articles de 1937 avaient quelque chose de fondamental en commun : ils montraient comment une machine, opérant avec de simples instructions binaires, pouvait s'attaquer non seulement à des problèmes de mathématiques, mais à toute la logique. Et puisque la logique était la base sur laquelle raisonnait le cerveau humain, alors une machine pouvait théoriquement reproduire l'intelligence humaine.

« Shannon veut introduire [dans une machine] non seulement des données, mais aussi des trucs culturels ! s'exclama un jour Turing devant ses collègues de chez Bell pendant le déjeuner. Il veut lui jouer de la musique ! » Une autre fois, toujours dans la salle à manger des laboratoires Bell, Turing lança de sa voix aiguë audible par tous les cadres présents : « Non, ça ne m'intéresse pas de développer un puissant cerveau. Tout ce qui m'intéresse, c'est un cerveau médiocre, quelque chose comme le président d'American Telephone & Telegraph⁸⁹. »

Lorsque Turing rentra à Bletchley Park en avril 1943, il devint ami avec un collègue, Donald Michie, et ils passèrent maintes soirées à jouer aux échecs dans un pub local. Tandis qu'ils débattaient de la possibilité de créer un calculateur joueur d'échecs, Turing aborda le problème non pas en songeant à la manière d'utiliser la puissance de traitement brute pour calculer tous les coups possible, mais en se concentrant sur la possibilité qu'une machine soit capable d'*apprendre* à jouer aux échecs par une pratique répétée. Autrement dit, elle pourrait essayer de nouveaux gambits et affiner sa stratégie à chaque victoire ou défaite. Cette démarche, si elle était couronnée de succès, représenterait une percée fondamentale qui aurait ébloui Ada Lovelace : les machines seraient capables de faire plus que se contenter de suivre les instructions spécifiques données par les humains ; elles pourraient apprendre par l'expérience et affiner elles-mêmes leurs instructions.

« On a dit que les machines à calculer peuvent seulement exécuter les tâches pour lesquelles elles ont reçu des instructions, expliqua-t-il dans une conférence devant la Société mathématique de Londres en février 1947. Mais est-il nécessaire qu'elles soient toujours utilisées de cette manière ? » Il traita alors des implications des nouveaux calculateurs à programme enregistré qui pouvaient modifier eux-mêmes leurs tables d'instructions. « Ce serait comme un élève qui aurait appris beaucoup de choses de son maître, mais en aurait acquis beaucoup plus par son propre travail. Quand cela se produit, mon sentiment est qu'on est obligé de considérer que la machine fait preuve d'intelligence⁹⁰. »

Quand il eut terminé son exposé, son auditoire resta silencieux un moment, abasourdi par les prétentions de Turing. De même, ses collègues au Laboratoire national de physique étaient déconcertés par son obsession des machines pensantes. Le directeur du NPL, sir Charles Darwin (petit-fils du biologiste évolutionniste), écrivit à ses supérieurs en 1947 que Turing « veut prolonger ses travaux sur la machine encore plus loin vers le côté biologique et traiter la question “Pourrait-on construire une machine qui puisse apprendre par l’expérience⁹¹ ?” »

L’idée dérangement de Turing – que des machines soient un jour capables de penser comme des humains – suscita de furieuses objections à l’époque, comme elle n’a cessé de le faire depuis ; les objections religieuses attendues et aussi des objections émotionnelles à la fois dans leur ton et dans leur contenu. « Ce n’est que lorsqu’une machine pourra écrire un sonnet ou composer un concerto à cause de pensées et d’émotions ressenties et non par le jeu aléatoire de symboles qu’on pourra admettre que la machine est égale au cerveau », déclara un célèbre neurochirurgien, sir Geoffrey Jefferson, dans sa prestigieuse conférence Lister en 1949⁹². La réaction de Turing consignée par un reporter du *Times* de Londres sembla quelque peu désinvolte, mais aussi subtile : « La comparaison est peut-être un petit peu injuste, parce qu’un sonnet écrit par une machine sera mieux apprécié par une autre machine⁹³. »

Les bases étaient donc jetées pour le deuxième article fondateur de Turing, « Machines à calculer et intelligence », publié dans la revue *Mind* en octobre 1950⁹⁴. C’est là qu’il exposa ce qu’on appellerait le test de Turing. Il commençait par une déclaration sans ambages : « Je propose d’examiner la question : “Les machines peuvent-elles penser ?” » Avec une espièglerie de potache, il inventa alors un jeu – toujours d’actualité et toujours au centre de débats – pour donner un sens empirique à ladite question. Il proposait une définition purement opérationnelle de l’intelligence artificielle : si la production d’une machine est impossible à distinguer de celle d’un cerveau humain, alors nous n’avons pas de raison valable d’affirmer avec insistance que cette machine ne « pense » pas.

Le test de Turing, qu’il appelait « le jeu de l’imitation », est simple : un interrogateur transmet par écrit des questions à un humain et à une machine situés dans une autre pièce et essaie de déterminer à partir de leurs réponses lequel des deux est l’humain. Un échantillon de cet interrogatoire, écrivait-il, pourrait ressembler à ceci :

Q : Veuillez m’écrire un sonnet au sujet du pont du Forth.

R : Je passe. Je n'ai jamais pu écrire de poésie.

Q : Ajoutez 34 957 à 70 764.

R : (*Observe une pause d'environ trente secondes avant de donner la réponse*) 105 621.

Q : Jouez-vous aux échecs ?

R : Oui.

Q : J'ai R en K1, et pas d'autres pièces. Vous n'avez que K en K6 et R en R1. C'est à vous de jouer. Comment jouez-vous ?

R : (*Après une pause de quinze secondes :*) R-R8 mat*⁶.

Un examen minutieux de cet échantillon de dialogue montre que l'interlocuteur, au bout de trente secondes, a commis une légère erreur dans son addition (la réponse correcte est 105 721). Est-ce la preuve que l'interlocuteur était un humain ? Peut-être. Mais, encore une fois, c'était peut-être une machine essayant en douce de se faire passer pour un humain. Turing a également évacué l'objection de Jefferson qui affirmait qu'une machine ne peut écrire un sonnet ; peut-être que la réponse était donnée par un humain qui avouait son incapacité. Plus loin dans son article, Turing imaginait l'interrogation suivante afin de montrer la difficulté qu'il y a à se servir de la rédaction d'un sonnet comme critère d'humanité :

Q : Dans le premier vers de votre sonnet, *Shall I compare you to a summer's day*, est-ce que « *a spring's day* » ne serait pas aussi bien, sinon mieux ?

R : Il manquerait une syllabe*⁷.

Q : Pourquoi pas « *a winter's day* » ? Le compte y serait.

R : Oui, mais personne ne veut être comparé à un jour d'hiver.

Q : Diriez-vous que M. Pickwick vous rappelle Noël ?

R : D'une certaine manière.

Q : Et pourtant Noël est un jour d'hiver, et je ne crois pas que M. Pickwick s'offusquerait de la comparaison.

R : Je ne crois pas que vous parlez sérieusement. « Un jour d'hiver » veut dire un jour d'hiver typique plutôt qu'un jour particulier comme Noël.

L'argument de Turing était qu'il ne serait peut-être pas possible de dire si pareil interlocuteur était un humain ou une machine essayant

de se faire passer pour un humain.

Turing donna son avis personnel sur l'éventualité qu'un calculateur gagne à ce jeu de l'imitation : « Je crois que dans une cinquantaine d'années il sera possible de programmer des calculateurs [...] de façon à ce qu'ils jouent si bien au jeu de l'imitation que l'interrogateur moyen n'aura pas plus de soixante-dix pour cent de chances d'aboutir à l'identification correcte au bout de cinq minutes de questionnement. »

Dans son article, Turing essayait de réfuter les nombreuses contestations possibles de sa définition de la pensée. Il repoussait vigoureusement l'objection théologique voulant que Dieu n'ait conféré qu'aux seuls humains une âme et la capacité de penser, en soutenant que cela « impose une sérieuse restriction à l'omnipotence du Tout-Puissant ». Il se demanda si Dieu « est libre de conférer une âme à un éléphant s'il le juge approprié ». On peut le présumer. En vertu de la même logique, qui, venant d'un athée comme Turing, était quelque peu sardonique, Dieu pourrait sûrement conférer une âme à une machine s'il le désirait.

L'objection la plus intéressante, surtout pour notre récit, est celle que Turing attribua à Ada Lovelace. « La machine analytique n'a pas la moindre prétention à *générer* quoi que ce soit, écrivait-elle en 1843. Elle peut faire tout ce que nous savons lui commander de faire. Elle peut suivre l'analyse, mais elle n'a pas le pouvoir d'anticiper des relations ou vérités analytiques. » Autrement dit, contrairement à l'esprit humain, un dispositif mécanique ne peut jouir du libre arbitre ni avoir ses propres initiatives. Il peut seulement se comporter conformément à sa programmation. Turing consacrait une section de son article de 1950 à ce qu'il appelait « l'objection de lady Lovelace ».

Sa parade la plus ingénieuse contre cette objection était l'argument qu'une machine pourrait en réalité être capable d'*apprendre*, et, par là, évoluer progressivement pour devenir une entité agissante capable de générer des pensées nouvelles : « Au lieu d'essayer de produire un programme qui simule l'esprit adulte, pourquoi ne pas essayer plutôt d'en produire un qui simule l'esprit de l'enfant ? Si celui-ci était alors soumis à une pédagogie appropriée, on obtiendrait le cerveau adulte. » Turing admettait que le processus d'apprentissage d'une machine serait différent de celui d'un enfant : « Elle ne sera pas, par exemple, pourvue de jambes, si bien qu'on ne pourrait pas lui demander d'aller remplir le seau à charbon. On peut envisager qu'elle n'ait pas d'yeux [...] On ne pourrait pas envoyer cette créature à l'école sans que les autres enfants se moquent excessivement d'elle. » Il faudrait alors d'autres moyens d'assurer l'apprentissage du bébé-machine. Turing

proposait un système à base de punitions et de récompenses, qui inciterait la machine à réitérer certaines activités et à en éviter d'autres. Une telle machine finirait par développer ses propres conceptions sur la manière de s'instruire.

Or même si une machine pouvait imiter la pensée, objectèrent les détracteurs de Turing, elle ne serait pas réellement consciente. Lorsque le joueur humain du test de Turing emploie des mots, il les associe à des significations, des émotions, des expériences, des sensations et des perceptions du monde réel. Impossible pour une machine. En l'absence de ces associations, le langage n'est qu'un jeu dissocié du sens.

Cette objection a suscité en 1980 la contestation la plus durable du test de Turing, un essai du philosophe John Searle. Il proposa une expérience de pensée, la « chambre chinoise », dans laquelle un anglophone sans aucune connaissance en chinois reçoit un manuel – un ensemble très complet de règles lui apprenant comment répondre à n'importe quelle combinaison de caractères chinois en remettant la nouvelle combinaison de caractères chinois qui lui est précisée. Avec un manuel adéquat, cet individu pourrait peut-être convaincre un interrogateur qu'il est un authentique locuteur chinois. Néanmoins, il n'aurait pas compris la moindre de ses réponses ni n'aurait manifesté la moindre intentionnalité. Pour reprendre les termes d'Ada Lovelace, il n'aurait aucune prétention à générer quoi que soit, mais se contenterait de faire simplement tout ce qu'on lui aurait ordonné d'accomplir. De même, la machine soumise chez Turing au jeu de l'imitation, si parfaite soit-elle dans sa simulation d'un être humain, ne comprendrait ni n'aurait conscience de ce qu'elle dirait. Il n'est pas plus logique de dire que la machine « pense » que de dire que l'individu suivant à la lettre le gros manuel de conversation comprend le chinois⁹⁵.

Face à l'objection de Searle, on peut soutenir que même si l'homme ne comprend vraiment pas le chinois, il se peut en fait que tout le système intégré à la chambre chinoise – l'homme (l'unité de traitement), le manuel (le programme) et les dossiers pleins de caractères chinois (les données) –, pris globalement, comprenne le chinois. Il n'y a pas de réponse concluante. Et, de fait, le test de Turing et ses contestations demeurent jusqu'à ce jour le sujet le plus controversé des sciences cognitives.

Pendant quelques années après la publication de « Machines à calculer et intelligence », Turing sembla prendre plaisir à s'engager dans la polémique qu'il avait provoquée. Avec un humour désabusé, il

railla les prétentions de ceux qui radotaient sur les sonnets et la conscience supérieure. « Un jour les dames promèneront leurs ordinateurs dans le parc et s'interpelleront : "Mon p'tit ordi a dit une chose tellement drôle ce matin !" » ironisait-il en 1951. Ainsi que le releva plus tard son mentor Max Newman : « les analogies comiques mais brillamment appropriées avec lesquelles il expliquait ses idées faisaient de lui un charmant compagnon⁹⁶. »

Un sujet qui revenait fréquemment dans les discussions avec Turing, et qui aurait bientôt une triste résonance, était le rôle que jouent les appétits sexuels et les désirs émotionnels dans la pensée humaine opposée à la pensée machinique. Il y eut un exemple très médiatisé en janvier 1952 dans un débat télévisé à la BBC entre Turing et le neurochirurgien sir Geoffrey Jefferson, arbitré par Max Newman et l'épistémologue Richard Braithwaite. « Les intérêts d'un humain sont de manière générale déterminés par ses appétits, désirs, pulsions, instincts », disait Braithwaite, soutenant que pour créer une vraie machine pensante « il semblerait nécessaire d'équiper cette machine de quelque chose qui corresponde à un ensemble d'appétits ». Newman ajouta que les machines « ont des appétits plutôt limités et ne peuvent pas rougir quand elles sont dans l'embarras ». Sir Geoffrey alla encore plus loin, prenant à plusieurs reprises les « besoins sexuels » comme exemple et mentionnant « les émotions et instincts » d'un humain « tels que ceux qui ont rapport avec la sexualité ». L'homme est la proie de « pulsions sexuelles », dit-il, et « risque de se ridiculiser ». Il s'étendit si longtemps sur la manière dont les appétits sexuels affectent la pensée humaine que la BBC coupa une partie de son intervention au montage, notamment son affirmation qu'il ne croirait jamais qu'une machine puisse penser tant qu'il n'aurait pas vu une machine mâle toucher la jambe d'une machine femelle⁹⁷.

Turing, qui était plutôt discret sur son homosexualité, se tut pendant cette partie de la discussion. Au cours des semaines précédant l'enregistrement de l'émission le 10 janvier 1952, il s'était engagé dans une série d'actions tellement humaines qu'une machine les aurait trouvées incompréhensibles. Après avoir terminé la rédaction d'un article scientifique, il continua sur sa lancée en écrivant une nouvelle sur la manière dont il projetait de fêter ça : « Il y avait maintenant un certain temps qu'il n'avait "eu" personne, en fait depuis qu'il avait rencontré ce militaire à Paris l'été dernier. À présent qu'il avait terminé son article, il pourrait peut-être – et à juste titre – considérer qu'il avait mérité un autre homme gay, et il savait où il aurait des chances d'en trouver un qui soit convenable⁹⁸. »

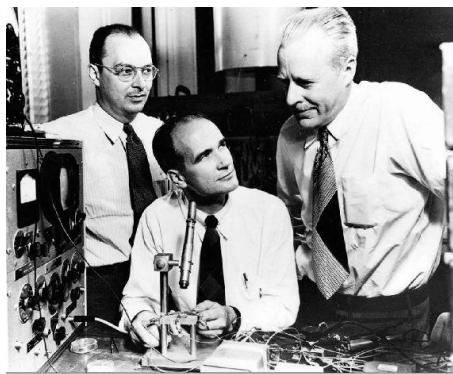
Sur Oxford Street, à Manchester, il leva un prolétaire en perdition de dix-neuf ans, Arnold Murray, et entama une relation. Quand il

rentra après avoir enregistré l'émission à la BBC, il invita Murray à habiter chez lui. Un soir, Turing raconta au jeune Murray un de ses fantasmes : jouer aux échecs contre un vil ordinateur dont il pourrait triompher en lui faisant exprimer de la colère, du plaisir puis de la suffisance. La relation devint plus complexe les jours suivants, jusqu'à ce que Turing, en rentrant un soir, découvre que sa maison avait été cambriolée. Le coupable était un ami de Murray. Lorsque Turing signala l'incident à la police, il finit par révéler la nature sexuelle de sa relation avec Murray. Il fut arrêté pour « indécence caractérisée⁹⁹ ».

Lors du procès en mars 1952, Turing plaida coupable, tout en laissant clairement entendre qu'il ne ressentait aucun remords. Max Newman comparut comme témoin de moralité. Reconnu coupable^{*8}, privé de sa certification de sécurité, Turing se vit offrir le choix entre la prison ou la liberté sous condition de recevoir un traitement hormonal par injection d'un œstrogène synthétique conçu pour réduire son désir sexuel, comme s'il était une machine chimiquement contrôlée. Il choisit la deuxième proposition, qu'il endura pendant un an.

Au début, Turing sembla s'accommoder de la situation mais, le 7 juin 1954, il se suicida en mordant une pomme imprégnée de cyanure. Ses amis remarquèrent qu'il avait toujours été fasciné par la scène de *Blanche-Neige et les Sept Nains* dans laquelle la Reine plonge une pomme dans une potion empoisonnée. On le découvrit dans son lit, l'écume aux lèvres, avec du cyanure dans son organisme et une pomme entamée à côté de lui.

Une machine aurait-elle pu faire une telle chose ?



John Bardeen (1908-1991), William Shockley (1910-1989) et Walter Brattain (1902-1987) aux laboratoires Bell en 1948.



Le premier transistor, aux laboratoires Bell.



Le toast porté à William Shockley (assis en bout de table) le jour où il obtint le prix Nobel. On reconnaît Gordon Moore (assis à gauche) et Robert Noyce (debout, au centre, verre en main).

*1. L'exposition consacrée au Mark I au Harvard Science Center et ses tableaux explicatifs ne mentionnaient pas Grace Hopper ni ne comportaient de photos de femmes jusqu'en 2014, date à laquelle ils furent actualisés pour mettre en valeur le rôle de G. Hopper et celui des programmeuses.

*2. Allusion à la loi d'Ohm qui lie l'intensité I (en ampères) d'un courant électrique à la tension U (en volts) et à la résistance R (en ohms).

*3. Von Neumann réussit cet exploit. Le mécanisme d'implosion du plutonium aurait pour résultat la première explosion contrôlée d'un engin nucléaire, l'essai dit « Trinity », en juillet 1945 près d'Alamogordo, au Nouveau-Mexique, et il serait utilisé pour la bombe larguée sur Nagasaki le 9 août 1945, trois jours après l'explosion de la bombe à uranium au-dessus d'Hiroshima. Mû par sa haine viscérale des nazis comme des communistes soutenus par la Russie, von Neumann devint un partisan déclaré des armements nucléaires. Il assista à l'essai d'Alamogordo, puis à des essais ultérieurs sur l'atoll de Bikini dans l'océan Pacifique ; il soutenait qu'un millier de décès par irradiation était pour les États-Unis un prix acceptable à payer afin d'obtenir un avantage nucléaire. Il décéderait douze ans plus tard, à cinquante-trois ans, d'un cancer des os et du pancréas, peut-être dû à son exposition aux radiations lors de ces

essais nucléaires.

*4. En 1967, à l'âge de soixante ans, Grace Hopper reprit du service actif dans la Marine avec pour mission de normaliser son usage du COBOL et de valider les compilateurs COBOL. Par un vote du Congrès, elle fut autorisée à prolonger son service au-delà de l'âge normal de la retraite. Elle atteignit le grade de contre-amiral et prit finalement sa retraite en août 1986, à soixante-dix-neuf ans, ce qui faisait d'elle l'officier de la Marine ayant servi le plus longtemps.

*5. La Constitution des États-Unis donne pouvoir au Congrès « de promouvoir le progrès de la science et des arts et lettres utiles en réservant pour des durées limitées aux auteurs et inventeurs le droit exclusif de l'exploitation de leurs écrits et découvertes respectifs. » Dans les années 1970, le Bureau des brevets et des marques déposées n'accordait pas en général de brevets pour des innovations dont le seul écart par rapport à la technologie existante était l'utilisation d'un nouvel algorithme logiciel. La situation devint confuse dans les années 1980 avec des décisions contradictoires de la Cour d'appel en matière de brevets et de la Cour suprême. Les procédures évoluèrent au milieu des années 1990, quand la Circuit Court du district de Columbia publia une série de décisions autorisant des brevets pour des logiciels qui produisent « un résultat utile, concret et tangible » et que le président Bill Clinton nomma à la tête du Bureau des brevets une personne qui avait été le principal lobbyiste de la Software Publishing Industry, association regroupant les éditeurs de logiciels.

*6. Notation descriptive anglaise. (*NdT*)

*7. L'interrogateur suggère de remplacer l'été par le printemps, puis l'hiver dans le sonnet XVIII de Shakespeare, « Te comparerai-je à un jour d'été ? » (*NdT*)

*8. À Noël 2013, la reine Élisabeth II lui accorda son pardon à titre posthume.

4.

Le transistor

L'invention des ordinateurs ne déclencha pas immédiatement une révolution. Parce qu'ils recouraient à d'encombrantes, coûteuses et fragiles lampes à vide qui consommaient beaucoup de courant, les premiers ordinateurs étaient des mastodontes hors de prix que seuls pouvaient s'offrir des sociétés, des universités et centres de recherche et les militaires. En revanche, la véritable naissance de l'ère numérique, dans laquelle les dispositifs électroniques s'installèrent dans tous les aspects de notre vie, eut lieu à Murray Hill, dans le New Jersey, peu après l'heure du déjeuner, le mardi 16 décembre 1947. Ce jour-là, deux chercheurs des laboratoires Bell réussirent à assembler un minuscule appareillage confectionné à partir de quelques lambeaux de feuille d'or, d'un copeau de matériau semi-conducteur et d'un trombone plié. Correctement tordu, il pouvait amplifier un courant électrique et servir d'interrupteur marche-arrêt. Ce « transistor » devint pour l'ère numérique ce que la machine à vapeur avait été pour la Révolution industrielle.

L'avènement des transistors et les innovations subséquentes qui permirent d'en graver des millions sur de minuscules puces électroniques signifiaient que la puissance de traitement de millions d'ENIAC pourrait se nicher à l'intérieur des ogives des fusées spatiales, dans des ordinateurs qu'on pourrait tenir sur les genoux, dans des calculatrices et des lecteurs de musique portables et dans des appareils tenant dans la main capables d'échanger des informations ou du divertissement avec tout nœud ou réseau aux quatre coins de la planète connectée.

Trois collègues passionnés et fortement motivés, dont les personnalités à la fois se complétaient et s'opposaient, resteraient dans l'Histoire comme les inventeurs du transistor : un habile expérimentateur, Walter Brattain, un physicien spécialiste de la théorie des quanta, John Bardeen, et William Shockley, un physicien de l'état solide, le plus passionné et le plus intense des trois, dont les qualités finirent malheureusement par se retourner contre lui.

Mais il y avait dans ce scénario un autre protagoniste qui fut au moins aussi important : les laboratoires Bell, où travaillaient ces hommes. Ce qui a rendu possible le transistor, c'est un mélange de talents divers plutôt que les seuls sursauts imaginatifs de quelques génies. Par sa nature, le transistor exigeait une équipe qui rassemblait des théoriciens dotés d'un sens intuitif des phénomènes quantiques, des physiciens des matériaux capables de recuire des impuretés pour en faire des plaquettes de silicium, et aussi d'habiles expérimentateurs, des chimistes industriels, des spécialistes de la fabrication et d'ingénieurs bricoleurs.

Les laboratoires Bell

En 1907, l'American Telephone & Telegraph Company était confrontée à une crise. Les brevets de son fondateur, Alexander Graham Bell, avaient expiré, et la société risquait de perdre son quasi-monopole sur les services téléphoniques. Le conseil d'administration tira de sa retraite un de ses anciens présidents, Theodore Vail, qui décida de revigorer la société en se fixant un objectif audacieux : édifier un système capable d'établir une communication téléphonique entre New York et San Francisco. Ce défi exigeait la combinaison de prouesses d'ingénierie avec des percées purement scientifiques. En utilisant des tubes à vide et d'autres technologies nouvelles, AT&T fabriqua des répéteurs et des amplificateurs qui assurèrent cette fonction dès janvier 1915. Lors de la communication transcontinentale historique, outre Vail et le président Woodrow Wilson, était présent Bell en personne, qui réitéra ses célèbres paroles prononcées trente-neuf ans plus tôt : « Monsieur Watson, venez ici, je veux vous voir. » Cette fois, son ancien assistant Thomas Watson, qui était à San Francisco, répondit : « Cela me prendrait une semaine¹. »

Ainsi fut semé le germe d'une nouvelle organisation industrielle qu'on finirait par appeler les laboratoires Bell. Situés à l'origine à Manhattan, sur le côté ouest de Greenwich Village avec vue sur l'Hudson, ils rassemblaient des théoriciens, des physiciens des matériaux, des métallurgistes, des ingénieurs et même des acrobates monteurs de ligne d'AT&T. C'est là que George Stibitz développa un

calculateur recourant à des relais électromagnétiques et que Claude Shannon travailla sur la théorie de l'information. Comme le Xerox PARC et d'autres unités de recherche dans l'industrie, les laboratoires Bell montrèrent comment une innovation durable pouvait naître lorsque des gens aux talents variés étaient mis en rapport les uns avec les autres, de préférence en contact physique étroit de façon à ménager des réunions fréquentes et aussi des rencontres non programmées. C'était le côté positif. Le côté négatif, c'était qu'il s'agissait de très grosses bureaucraties au service de grandes entreprises ; les laboratoires Bell, comme le Xerox PARC, montrèrent les limites des organisations industrielles quand elles n'ont pas de dirigeants passionnés ou de rebelles qui peuvent transformer des innovations en produits à succès.

Le chef du département des tubes à vide chez Bell était un Missourien volatile, Mervin Kelly, qui avait fait des études de métallurgie à l'École des Mines du Missouri puis obtenu un doctorat en physique sous la direction de Robert Millikan à l'université de Chicago. Il réussit à améliorer la fiabilité des lampes électroniques en concevant un système de refroidissement à eau, mais se rendit compte que ces lampes ne seraient jamais une méthode d'amplification ou de commutation efficace. Lorsqu'en 1936 il fut promu directeur de la recherche aux laboratoires Bell, sa priorité fut de trouver une solution de rechange.

La grandiose intuition de Mervin Kelly était que les laboratoires Bell, qui avaient été un bastion de l'ingénierie pratique, devraient aussi se concentrer sur la science fondamentale et la recherche théorique, qui étaient jusque-là l'apanage des universités. Il commença par débusquer les plus brillants docteurs en physique des États-Unis. Sa mission était de faire de l'innovation une denrée qu'une organisation industrielle pouvait produire sur une base régulière au lieu de céder ce territoire à des génies excentriques terrés dans des garages ou des greniers.

« On avait fini par s'intéresser un peu chez Bell à la question de savoir si la clé de l'invention était le génie individuel ou la collaboration », écrivait Jon Gertner dans *L'Usine à idées*, une étude des laboratoires Bell². La réponse était : l'un et l'autre. « Il faut que beaucoup d'hommes dans de nombreux domaines scientifiques mettent en commun leurs talents variés pour que toute la recherche nécessaire soit concentrée sur le développement d'une seule invention nouvelle », expliquerait plus tard Shockley³. Il avait raison. Toutefois, c'était ici pour lui un rare éclair d'humilité feinte. Plus que quiconque, il croyait en l'importance du génie individuel à son image. Même Mervin Kelly, ce prosélyte de la collaboration, se rendait compte que

le génie individuel avait lui aussi besoin d'être encouragé. « Malgré tout l'accent certes nécessaire mis sur l'aptitude à diriger, l'organisation et le travail d'équipe, l'individu est demeuré suprêmement... d'une importance primordiale, dit-il un jour. C'est dans l'esprit d'une personne unique que naissent les idées et concepts créatifs⁴. » Effectivement, tout au long de l'ère numérique, les deux démarches sont allées de concert. Les génies créatifs (John Mauchly, William Shockley, Steve Jobs) ont généré des idées innovantes. Des ingénieurs à l'esprit pratique (Presper Eckert, Walter Brattain, Steve Wozniak) ont collaboré étroitement avec eux pour transformer des concepts en machines ou produits. Et des équipes collaboratives de techniciens et d'entrepreneurs ont œuvré pour transformer l'invention en un produit à usage pratique. Lorsqu'une partie de cet écosystème était défaillante, comme ce fut le cas pour John Atanasoff à l'université de l'Iowa ou pour Charles Babbage brouillé avec son arrogant mécanicien, de grandioses concepts ont fini dans le sous-sol de l'Histoire. Et quand d'excellentes équipes furent privées de visionnaires passionnés, comme à l'université de Pennsylvanie après le départ de Mauchly et d'Eckert, à Princeton après von Neumann ou aux laboratoires Bell après Shockley, l'innovation commença lentement à dépérir.

Le besoin d'associer des théoriciens à des ingénieurs s'imposait particulièrement dans un domaine qui allait devenir de plus en plus important aux laboratoires Bell : la physique des états solides, qui étudiait comment les électrons circulent dans les matériaux pleins. Dans les années 1930, les ingénieurs de chez Bell bricolaient avec des matériaux comme le silicium – l'élément le plus répandu dans la croûte terrestre après l'oxygène, et composant essentiel du sable –, pour les forcer à accomplir des acrobaties électroniques. Au même moment, dans le même immeuble, des théoriciens se colletaient avec les époustouflantes découvertes de la mécanique quantique.

La mécanique quantique se fonde sur des théories élaborées par le Danois Niels Bohr et d'autres physiciens sur ce qui se passe à l'intérieur des atomes. En 1913, Bohr avait découvert un modèle de la structure atomique dans lequel les électrons orbitaient autour du noyau à des niveaux spécifiques. Ils pouvaient faire un saut quantique d'un niveau au suivant, mais jamais se trouver entre les deux. Le nombre d'électrons dans le niveau orbital extérieur déterminait les propriétés chimiques et électroniques de l'élément en question, notamment sa capacité à conduire l'électricité.

Certains éléments, tel le cuivre, sont de bons conducteurs de

l'électricité. D'autres, comme le soufre, sont de très médiocres conducteurs et sont donc de bons isolants. Et puis il y a les éléments intermédiaires, tels que le silicium et le germanium – les semi-conducteurs. Ce qui les rend utiles, c'est qu'ils sont faciles à manipuler pour en faire de bons conducteurs. Par exemple, si on contamine le silicium avec une quantité minuscule d'arsenic ou de bore, ses électrons sont plus libres de leurs mouvements.

Les avancées dans la théorie des quanta se produisirent au moment où les métallurgistes des laboratoires Bell trouvaient comment créer de nouveaux matériaux en utilisant de nouvelles techniques de purification, des tours de main chimiques et des recettes pour combiner des minéraux rares avec des minéraux ordinaires. En cherchant à résoudre certains problèmes de la vie quotidienne, comme des filaments de lampes à vide qui grillaient trop vite ou des membranes d'écouteurs de téléphone affligées d'un son trop métallique, ils mélangeaient de nouveaux alliages et développaient des méthodes pour chauffer ou refroidir ces mixtures jusqu'à ce qu'elles répondent à leurs attentes. Par tâtonnements, comme des cuisiniers aux fourneaux, ils créaient une révolution en science des matériaux qui se ferait main dans la main avec la révolution théorique en cours dans la mécanique quantique.

En effectuant des expériences avec leurs échantillons de silicium et de germanium, les ingénieurs chimistes de chez Bell trouvèrent par hasard des preuves de bien des choses sur lesquelles les théoriciens nourrissaient des hypothèses^{*1}. Il était désormais évident que théoriciens, ingénieurs et métallurgistes avaient beaucoup à apprendre les uns des autres. Un groupe d'étude de l'état solide fut donc formé en 1936 aux laboratoires Bell à partir d'une combinaison de vedettes de la pratique et de la théorie. Il se réunissait une fois par semaine en fin d'après-midi pour partager des découvertes et échanger des commérages sur le mode universitaire, puis levait la séance pour passer à des discussions informelles qui se prolongeaient tard dans la nuit. Il valait la peine de se trouver là en personne au lieu de se contenter de lire les articles des uns et des autres : ces interactions permettaient d'expédier les idées sur des orbites supérieures et, comme des particules élémentaires, s'échappaient à l'occasion pour déclencher des réactions en chaîne.

Un homme se détachait du groupe. William Shockley, un physicien théoricien qui était arrivé aux laboratoires Bell juste au moment où le groupe se formait, impressionnait les autres – et parfois leur faisait peur – avec son intellect et son intensité.

William Shockley

William Shockley grandit dans l'amour de l'art et de la science. Son père étudia l'ingénierie minière au MIT, prit des cours de musique à New York et apprit sept langues lors de ses voyages en Europe et en Asie en tant qu'aventurier et spéculateur en minéraux. Sa mère étudia à la fois les mathématiques et l'art à Stanford et fut l'une des premières alpinistes notoires à avoir réussi l'ascension en solitaire du mont Whitney, en Californie. Ils se rencontrèrent à Tonopah, un minuscule village minier du Nevada où il balisait des concessions et où elle effectuait des relevés topographiques. Après leur mariage, ils s'installèrent à Londres, où leur fils naquit en 1910.

William serait leur unique enfant, et ils s'en félicitèrent. Même tout petit, il avait un tempérament féroce, avec des accès de rage si bruyants et si prolongés que ses parents devaient sans cesse changer de baby-sitter et d'appartement. Dans son journal, son père décrivait le garçon « en train de crier à tue-tête, de se plier en deux et de se détendre comme un ressort » et notait « qu'il a mordu grièvement sa mère de nombreuses fois⁵ ». Sa ténacité était agressive. Dans toute situation, il fallait carrément le laisser faire. Ses parents finirent par adopter une politique de reddition. Ils renoncèrent à le discipliner et l'instruisirent à la maison jusqu'à l'âge de huit ans. Ils avaient alors déjà déménagé à Palo Alto, où vivaient les parents de sa mère.

Persuadés que leur fils était un génie, les parents de William le firent examiner par Lewis Terman^{*2}, qui avait élaboré le test d'intelligence Stanford-Binet et préparait une étude sur les enfants doués. Le QI du jeune Shockley fut évalué entre 125 et 130, ce qui était respectable mais pas suffisant, aux yeux de Terman, pour le qualifier de génie. Shockley allait devenir un maniaque des tests d'intelligence, qu'il utiliserait pour évaluer les postulants à un emploi et même des collègues, et développa des théories de plus en plus virulentes sur la race et l'intelligence héréditaire qui empoisonneraient les dernières années de sa vie⁶. Peut-être aurait-il dû tirer de sa propre vie des leçons sur les insuffisances des tests d'intelligence. Même s'il avait été certifié non-génie, il était assez intelligent pour sauter des classes au collège, obtenir une licence à Caltech et ensuite un doctorat en physique des solides au MIT. Il était incisif, créatif et ambitieux. Il avait beau adorer exécuter des tours de magie et faire des blagues, il n'apprit jamais à être facile à vivre ou amical. Son intensité intellectuelle et personnelle, remontant à l'enfance, rendait difficiles les rapports avec lui, et cela ne s'arrangea pas avec le succès, au contraire.

Lorsque Shockley sortit diplômé du MIT en 1936, Mervin Kelly lui

fit passer un entretien pour les laboratoires Bell et lui offrit un poste sur-le-champ. Il lui donna aussi une mission : trouver le moyen de remplacer les tubes électroniques par un dispositif qui soit plus stable, plus solide et meilleur marché. Au bout de trois ans, Shockley fut persuadé qu'il pourrait trouver une solution en utilisant un matériau solide comme le silicium au lieu de filaments incandescents à l'intérieur d'une ampoule. « Il m'est venu à l'esprit aujourd'hui qu'un amplificateur utilisant des semi-conducteurs au lieu du vide est en principe possible », écrivit-il dans son carnet de laboratoire le 29 décembre 1939⁷.

Shockley avait le don de se représenter visuellement la théorie des quanta et la manière dont elle expliquait le mouvement des électrons, comme un chorégraphe peut visualiser un ballet. Ses collègues disaient qu'il pouvait regarder un matériau semi-conducteur et voir les électrons. Toutefois, afin de transformer ses intuitions artistiques en une authentique invention, Shockley avait besoin d'un partenaire qui soit un habile expérimentateur, tout comme Mauchly avait eu besoin d'Eckert. Comme il se trouvait chez Bell, il n'en manquait pas sur place, le plus remarquable étant Walter Brattain, un natif des États de l'Ouest joyeusement querelleur qui aimait fabriquer des dispositifs ingénieux à base de composés semi-conducteurs tels que l'oxyde de cuivre. Par exemple, il construisit des redresseurs, qui convertissent le courant alternatif en courant continu, en tirant parti du fait que le courant ne passe que dans une seule direction à travers une interface où un morceau de cuivre est au contact d'une couche d'oxyde de cuivre.

Brattain grandit dans un ranch isolé dans l'est de l'État de Washington, où il garda le bétail dans son enfance. Avec sa voix râpeuse et ses manières directes, il affectait le style modeste du cowboy sûr de lui. C'était un bricoleur-né aux doigts habiles qui aimait concevoir des expériences. « Il était capable de faire des montages à partir de trombones et de cire à cacheter », se rappela un ingénieur qui avait travaillé avec lui chez Bell⁸. Mais il avait aussi une aisance décontractée qui le conduisait à chercher des raccourcis plutôt que de patauger dans des essais à répétition.

Pour remplacer le tube électronique par une solution recourant à l'état solide, Shockley imagina de mettre une grille à l'intérieur d'une couche d'oxyde de cuivre. Brattain était sceptique. Il dit en riant à Shockley qu'il l'avait déjà essayé et que ça n'avait jamais produit un amplificateur. Mais Shockley n'en démordait pas. « Si c'est si important que ça, dit finalement Brattain, alors dis-moi comment procéder et on tentera le coup⁹. » Mais, comme Brattain l'avait prédit, cela ne marcha pas.

La Seconde Guerre mondiale intervint avant que Shockley et Brattain ne trouvent la raison de cet échec. Shockley partit rejoindre l'US Navy pour devenir directeur de recherche dans le Groupe de lutte contre les sous-marins, où il développa des analyses des explosions selon la profondeur pour améliorer les attaques contre les *U-Boot* allemands. Plus tard, il se déplaça en Europe et en Asie pour aider les escadrilles de bombardiers B-29 à se servir du radar. De même, Brattain partit à Washington pour travailler, lui aussi pour la Marine, sur les techniques de détection des sous-marins axées sur des dispositifs magnétiques aéroportés.

L'équipe de l'état solide

Pendant que Shockley et Brattain étaient absents, la guerre transformait les laboratoires Bell. Ils participèrent de la relation triangulaire qui se forgea entre le gouvernement, les universités et centres de recherche, et l'industrie privée. Comme le note l'historien Jon Gertner, « dans les premières années après Pearl Harbor, les laboratoires Bell s'occupèrent de presque un millier de projets différents pour le compte des militaires – depuis l'équipement radio des tanks jusqu'aux laryngophones pour des pilotes munis de masques à oxygène, en passant par des machines à chiffrer pour encoder les messages secrets¹⁰. » Les effectifs du personnel furent multipliés par deux et atteignirent neuf mille personnes.

Brusquement à l'étroit dans leurs locaux du siège à Manhattan, la majeure partie des laboratoires déménagèrent pour s'installer sur cent hectares de terre vallonnée à Murray Hill, dans le New Jersey. Mervin Kelly et ses collègues voulaient que leurs nouveaux locaux donnent l'impression d'un campus universitaire, mais sans la ségrégation imposant que différentes disciplines soient hébergées dans des bâtiments différents. Ils savaient que la créativité était favorisée par les rencontres non programmées. « Tous les bâtiments ont été connectés de façon à éviter une délimitation géographique fixe entre les départements et pour encourager les échanges libres et les contacts étroits entre eux », écrivait un cadre de chez Bell¹¹. Les couloirs, extrêmement longs – plus de deux fois la longueur d'un terrain de football américain –, étaient conçus pour promouvoir les rencontres aléatoires entre chercheurs aux talents et spécialités différents, stratégie que Steve Jobs reprit en concevant le nouveau siège d'Apple soixante-dix ans plus tard. Quiconque se promènerait dans les laboratoires Bell risquait d'être bombardé d'idées fortuites et de les absorber comme une cellule photovoltaïque. L'excentrique théoricien de l'information Claude Shannon parcourait parfois les longs couloirs

en granito rouge sur son unicycle tout en jonglant avec trois balles et en saluant les collègues d'un hochement de tête*³. C'était une métaphore représentative de l'atmosphère magico-ludique des lieux.

En novembre 1941, Brattain avait rédigé la dernière inscription de son journal sous le numéro #18194 dans son carnet, avant de quitter les laboratoires Bell à Manhattan pour servir son pays. Presque quatre ans plus tard, il reprit le même carnet dans son nouveau laboratoire à Murray Hill et commença par y inscrire « La guerre est finie ». Kelly l'affecta avec Shockley à un groupe de recherche conçu pour « aboutir à une approche unifiée des travaux théoriques et expérimentaux dans le domaine de l'état solide ». La mission du groupe était la même que celle qui leur avait été confiée avant la guerre : remplacer les tubes à vide par un dispositif utilisant les semi-conducteurs¹².

Lorsque Kelly fit circuler la liste de ceux qui allaient être dans le groupe de recherche sur l'état solide, Brattain constata avec émerveillement qu'elle ne comprenait aucun perdant. « Mince alors ! Y a pas un fils de p... dans le groupe », se rappela-t-il avoir dit, avant de nuancer : « Peut-être que c'était moi le fils de p... du groupe. » Mais, comme il le déclarerait plus tard, « c'était probablement l'une des meilleures équipes de chercheurs qu'on ait jamais constituée¹³. »

Shockley était le principal théoricien, mais vu ses obligations en tant que responsable de l'équipe – il était à un autre étage –, on décida d'ajouter un autre théoricien. Le choix s'arrêta sur un expert à la voix douce, spécialiste des quanta, John Bardeen. Enfant prodige qui avait sauté trois classes à l'école, Bardeen avait écrit sa thèse de doctorat sous la direction d'Eugene Wigner à Princeton ; pendant son service en temps de guerre au Laboratoire naval des munitions, il avait débattu de la conception des torpilles avec Albert Einstein. C'était l'un des meilleurs experts mondiaux sur la théorie des quanta utilisée pour comprendre comment les matériaux conduisent l'électricité, et il avait, d'après ses collègues, « une authentique capacité à collaborer facilement avec les expérimentateurs comme avec les théoriciens¹⁴ ». Au départ, il n'y avait pas de bureau séparé pour Bardeen, aussi s'installa-t-il dans un coin du labo de Brattain. C'était une décision intelligente qui montra, une fois de plus, l'énergie créative générée par la proximité physique. Assis côte à côte, le physicien théoricien et l'expérimentateur pouvaient tester mutuellement leurs idées, heure par heure.

Contrairement au volubile et loquace Brattain, Bardeen était si discret qu'il avait été surnommé « John-le-Taiseux ». Pour capter ses chuchotements, il fallait se pencher vers lui, mais on s'apercevait que cela en valait la peine. Il était aussi contemplatif et prudent, tout le

contraire de Shockley, qui était vif comme l'éclair et crachait impulsivement théories et affirmations.

Leurs intuitions venaient de leurs interactions. « L'étroite collaboration entre expérimentateurs et théoriciens existait à tous les stades de la recherche, depuis la conception des expériences jusqu'à l'analyse des résultats », explique Bardeen¹⁵. Leurs réunions impromptues, dirigées d'ordinaire par Shockley, avaient lieu presque tous les jours – manifestation quintessentielle de créativité où les uns finissaient les phrases des autres. « Nous avons besoin de discuter d'étapes importantes presque sur l'inspiration du moment, raconte Brattain. Beaucoup d'entre nous avaient des idées dans ces groupes de discussion, et la remarque de l'un suggérait une idée à un autre¹⁶. »

Ces réunions furent vite surnommées « séances au tableau noir » ou « *chalk talks* » parce que Shockley y officiait debout, craie en main, pour griffonner les idées au tableau. Brattain, effronté comme toujours, tournait en rond au fond de la salle et criait ses objections à certaines des suggestions de Shockley, pariant parfois un dollar qu'elles ne marcheraient pas. Shockley n'aimait pas perdre. « J'ai fini par comprendre qu'il était agacé quand une fois il m'a payé en pièces de dix *cents* », confirme Brattain¹⁷. Ces interactions débordaient sur les sorties et distractions des chercheurs ; ils jouaient souvent au golf ensemble, allaient boire une bière au restaurant Snuffy's et disputaient des tournois de bridge avec la participation de leurs épouses.

Le transistor

Avec sa nouvelle équipe aux laboratoires Bell, Shockley ressuscita la théorie avec laquelle il jouait cinq ans plus tôt en cherchant à remplacer le tube à vide par l'état solide. Si un puissant champ électrique était placé juste à côté d'une plaquette d'un matériau semi-conducteur, postulait-il, ce champ attirerait quelques électrons en surface et autoriserait un flux de courant traversant la plaquette. Ce qui permettrait potentiellement à un semi-conducteur d'utiliser un signal très faible pour contrôler un signal beaucoup plus fort. Un courant de très faible puissance pourrait fournir l'alimentation initiale, et contrôler (ou interrompre et rétablir) un courant de sortie d'une bien plus grande puissance. Ainsi le semi-conducteur pourrait-il servir d'amplificateur ou de commutateur marche-arrêt tout comme un tube ou une lampe électronique.

Seulement il y avait un petit problème avec cet « effet de champ » : lorsque Shockley testa cette théorie – son équipe chargea une plaque avec un courant de mille volts et la plaça à un millimètre seulement

de la surface du semi-conducteur –, il ne se passa rien. « Pas de changement observable dans le courant », écrivit-il dans son carnet de laboratoire. C'était, dirait-il plus tard, « très mystérieux ».

Identifier la raison de l'échec d'une théorie peut en indiquer une meilleure, et Shockley demanda donc à Bardeen de trouver une explication. Ils passèrent des heures à débattre de ce qu'on appelle les « états superficiels » – les propriétés électroniques et la description selon la mécanique quantique des couches d'atomes les plus proches de la surface du matériau. Au bout de cinq mois, Bardeen eut l'intuition qu'il recherchait. Il s'approcha du tableau noir dans la pièce qu'il partageait avec Brattain et commença à écrire.

Bardeen s'était rendu compte que, lorsqu'un semi-conducteur est chargé, les électrons sont piégés à sa surface. Ils ne peuvent circuler librement. Ils forment comme un bouclier, et un champ électrique, même puissant et à seulement un millimètre de distance, ne peut pénétrer cette barrière. « Ces électrons supplémentaires étaient piégés, immobiles, dans des états superficiels, nota Shockley. En fait, les états superficiels protégeaient l'intérieur du semi-conducteur de l'influence de la plaque témoin positivement chargée¹⁸. »

L'équipe avait maintenant une nouvelle mission : trouver le moyen de traverser le bouclier qui se formait à la surface des semi-conducteurs. « Nous nous sommes concentrés sur de nouvelles expériences en rapport avec les états superficiels de Bardeen », expliqua Shockley. Ils allaient être obligés de franchir cette barrière afin de forcer gentiment le semi-conducteur à réguler et amplifier le courant et servir d'interrupteur¹⁹.

Les progrès furent lents l'année suivante, mais en 1947 une série de percées conduisirent à ce qu'on appellerait le « mois miracle ». Bardeen s'inspira de la théorie de l'effet dit « photovoltaïque », selon laquelle un faisceau lumineux projeté sur deux matériaux dissimilaires en contact l'un avec l'autre produira une tension électrique. Ce processus, conjectura-t-il, pourrait déloger certains des électrons qui créaient le bouclier. Brattain, travaillant au coude à coude avec Bardeen, conçut des expériences ingénieuses pour tester cette hypothèse.

À la longue, le hasard finit par leur sourire. Brattain effectuait certaines de ses expériences dans un dewar (bouteille Thermos de laboratoire) afin de pouvoir contrôler la température. Mais la condensation à la surface du silicium perturbait continuellement les mesures. Le meilleur remède était peut-être de placer tout l'appareillage sous vide, mais cela aurait exigé beaucoup de travail. « À la base, je suis un physicien paresseux, avoua Brattain. Alors j'ai

eu l'idée d'immerger le système dans un liquide diélectrique²⁰. » Il remplit le dewar avec de l'eau, qui s'avéra être un moyen simple d'éviter la condensation. Bardeen et Brattain le testèrent le 17 novembre 1947, et cela marcha merveilleusement.

C'était un lundi. Tout au long de la semaine, ils explorèrent une série d'idées théoriques et expérimentales, rebondissant de l'une à l'autre. Le vendredi, Bardeen avait déjà trouvé comment se passer d'immerger le montage dans l'eau. Il suggéra de déposer une simple goutte d'eau, ou alors un peu de gel, juste là où une pointe de métal acérée s'incrétait dans le morceau de silicium. Brattain était enthousiasmé : « Allez, John. On fait le truc ! » Or, nouveau défi, il fallait absolument éviter que la pointe métallique entre en contact avec la goutte d'eau. Mais Brattain, magicien de l'improvisation, régla le problème avec un peu de cire à cacheter. Il trouva une belle plaquette de silicium, déposa une minuscule goutte d'eau à sa surface, enveloppa de cire un morceau de fil métallique pour l'isoler, fit passer le fil à travers la goutte d'eau et perfora le silicium. Le système fonctionnait. Il était capable d'amplifier un courant, du moins légèrement. C'est à partir de ce montage « à pointe de contact » que naquit le transistor.

Bardeen se rendit au bureau le lendemain matin pour noter les résultats dans son carnet. « Ces tests montrent assurément qu'il est possible d'introduire une électrode ou une grille pour contrôler le passage du courant dans un semi-conducteur », conclut-il²¹. Il alla même pointer le dimanche, jour qu'il réservait normalement au golf. Bardeen et Brattain décidèrent aussi que l'heure était venue d'informer Shockley, qui était plongé dans d'autres recherches depuis des mois. Au cours des deux semaines suivantes, il descendit les voir et fit des suggestions, mais, en général, il laissa ses dynamiques duettistes progresser à toute allure.

Assis à côté de Brattain devant la paillasse de son laboratoire, Bardeen proposait calmement des idées et un Brattain enthousiaste les mettait à l'épreuve. Bardeen écrivait parfois dans le carnet de labo de Brattain tandis que les expériences se déroulaient. C'est à peine s'ils remarquèrent Thanksgiving, occupés qu'ils étaient à essayer différentes solutions : le germanium à la place du silicium, la laque au lieu de la cire, l'or pour les contacts.

D'ordinaire les théories de Bardeen conduisaient aux expériences de Brattain, mais le processus fonctionnait parfois dans l'autre sens : des résultats inattendus suscitaient de nouvelles théories. Dans une des expériences avec le germanium, le courant sembla passer en sens inverse de ce à quoi ils s'attendaient. Or il était amplifié plus de trois

cents fois, bien au-delà que ce qu'ils avaient obtenu auparavant. Alors ils finirent par jouer pour de vrai le sketch du physicien dont la méthode marche en pratique, mais pas en théorie. Bardeen trouva bientôt la solution. Il comprit que la tension négative chassait certains électrons et augmentait le nombre de « trous » qui se produisent quand il n'y a pas d'électron dans une position où il pourrait en exister un. Or l'existence de tels trous attire un flux d'électrons.

Il y avait un problème : cette nouvelle méthode n'amplifiait pas les fréquences élevées, notamment les sons audibles. Ce qui la rendait inutile pour la téléphonie. Bardeen supposa que l'eau ou la gouttelette d'électrolyte ralentissaient le processus. Il improvisa donc quelques autres montages. L'un d'eux impliquait la pointe d'un fil métallique piquée dans le germanium à une distance infime d'une plaquette en or qui créait un champ électrique. Cet agencement réussit à augmenter la tension, du moins légèrement, et fonctionnait pour les hautes fréquences. Là encore, Bardeen fournit une théorie expliquant ces résultats accidentels : « L'expérience a suggéré qu'un flux de trous pénétrait dans la surface en germanium à partir du point de contact en or²². »

Comme un duo de chanteurs assis ensemble devant un piano, Bardeen et Brattain poursuivirent leur alternance créative. Ils se rendirent compte que le meilleur moyen d'augmenter l'amplification serait d'avoir deux pointes de contact incrustées dans le germanium à un intervalle *vraiment* rapproché. Bardeen calcula que la distance en question devrait être inférieure à « deux millièmes de pouce », soit cinquante microns. C'était un défi, même pour Brattain. Mais il trouva une méthode ingénieuse : il colla un morceau de feuille d'or sur un petit coin en plastique qui ressemblait à une pointe de flèche, puis se servit d'une lame de rasoir pour pratiquer une fine fente dans la feuille d'or à l'extrémité du coin en plastique, formant ainsi deux points de contact en or très rapprochés. « C'est tout ce que j'ai fait, se rappelle Brattain. J'ai incisé soigneusement avec la lame jusqu'à ce que le circuit s'ouvre, je l'ai mis sur un ressort et je l'ai placé sur le même morceau de germanium²³. »

Lorsque Brattain et Bardeen testèrent ce montage l'après-midi du mardi 16 décembre 1947, il se passa quelque chose de prodigieux : il fonctionna. « Je me suis aperçu que si je le tortillais juste comme il le fallait, raconte Brattain, j'avais un amplificateur avec un facteur d'amplification de cent fois, et jusque dans la gamme audio²⁴. »

En rentrant chez lui ce soir-là, le volubile et bavard Brattain annonça à ses collègues dans le parking de la société qu'il venait de faire « l'expérience la plus importante que je ferai jamais dans toute

ma vie ». Il les obligea ensuite à jurer de n'en rien dire²⁵. Conformément à son habitude, Bardeen fut moins loquace. Quand il rentra chez lui ce soir-là, il fit quelque chose d'inhabituel : il parla à sa femme de ce qui s'était passé au travail. En une seule phrase. Tandis que sa femme grattait des carottes au-dessus de l'évier de la cuisine, il lui chuchota tranquillement : « Nous avons découvert quelque chose d'important aujourd'hui²⁶. »

Le transistor fut effectivement l'une des découvertes les plus importantes du ^{xx}e siècle. Il naquit du partenariat d'un théoricien et d'un expérimentateur travaillant côte à côte dans une relation symbiotique, jonglant avec les théories et les résultats – et vice versa – en temps réel. Il profita également de leur intégration dans un environnement où ils pouvaient circuler dans un long couloir et tomber sur des experts capables de manipuler les impuretés du germanium, être dans un groupe d'étude composé de gens qui comprenaient les explications par la mécanique quantique des états superficiels, où attablés dans une cafétéria avec des ingénieurs qui connaissaient toutes les astuces pour transmettre des signaux téléphoniques sur de longues distances.

Shockley programma une démonstration à l'attention des autres membres du groupe des semi-conducteurs et de quelques responsables des laboratoires Bell pour le mardi suivant, le 23 décembre. Les cadres prirent des écouteurs et parlèrent à tour de rôle dans un microphone de façon à se faire eux-mêmes une idée de l'amplification de la voix humaine réalisée avec un dispositif simple utilisant l'état solide. Ce moment aurait dû résonner comme les premières paroles que Graham Bell avait aboyées dans un téléphone, mais plus tard personne ne se rappellerait les mots prononcés dans l'instrument en cet après-midi historique. Au lieu de quoi l'événement fut immortalisé par des inscriptions discrètes dans les carnets de laboratoire. « En allumant et en éteignant l'appareil, un gain distinct dans le niveau sonore de la parole était perçu », écrivit Brattain²⁷. Bardeen fut encore plus prosaïque : « L'amplification de la tension a été obtenue par l'emploi d'électrodes en or sur une surface de germanium spécifiquement préparée²⁸. »

Le complexe de supériorité de Shockley

Shockley signa l'inscription historique dans le carnet de laboratoire de Bardeen en tant que témoin, mais il ne nota rien ce jour-là dans son propre carnet. Il était manifestement ébranlé. La fierté qu'il aurait dû éprouver devant la réussite de son équipe fut assombrie par son intense et ténébreuse pulsion de gagnant. « Mes émotions étaient

quelque peu conflictuelles, avouerait-il plus tard. Mon allégresse en voyant le succès du groupe fut tempérée par le fait que je n'étais pas l'un des inventeurs. J'éprouvai une certaine frustration en constatant qu'au bout de plus de huit années mes efforts personnels n'avaient pas débouché sur une contribution significative de ma part²⁹. » Des forces malsaines commençaient à le ronger au tréfonds de sa psyché. Jamais plus il ne serait ami avec Bardeen et Brattain. Au contraire, il se mit à œuvrer fébrilement pour revendiquer pour lui aussi le mérite de l'invention et à en créer, dans son coin, une version améliorée.

Peu après Noël, Shockley prit le train pour Chicago. Au départ, c'était pour assister à deux colloques, mais il passa le plus clair de son temps dans sa chambre du Bismarck Hotel à concevoir une méthode revue et corrigée pour fabriquer le dispositif à semi-conducteurs. La nuit de la Saint-Sylvestre, pendant que les fêtards dansaient dans la salle de bal à l'étage inférieur, il écrivit sept pages de notes sur du papier millimétré. Quand il s'éveilla le 1^{er} janvier 1948, il en écrivit dix de plus. Il expédia le tout par poste aérienne à un collègue de chez Bell qui les colla dans le carnet de labo de Shockley et demanda à Bardeen de signer en tant que témoin.

À cette date, Mervin Kelly avait déjà chargé l'un des juristes des laboratoires Bell de rédiger le plus rapidement possible un ensemble de demandes de brevet pour le nouveau dispositif. On n'était pas à l'université d'État de l'Iowa, où il n'y avait sur place personne de qualifié pour traiter pareille tâche. Lorsque Shockley rentra de Chicago, il découvrit que Bardeen et Brattain avaient déjà été consultés, et il en fut contrarié. Il les convoqua chacun à leur tour séparément dans son bureau et leur expliqua pourquoi le mérite de la découverte devrait revenir à lui en premier lieu – et peut-être même à lui seul. « Il croyait, raconte Brattain, qu'il pourrait rédiger un brevet, à commencer par l'effet de champ, sur tout le truc. » Bardeen observa son silence habituel, même si après coup il marmonna amèrement. Brattain, lui, conforme à son personnage, ne mâcha pas ses mots. « Et merde, Shockley, cria-t-il, il y a assez de gloire là-dedans pour tout le monde³⁰. »

Shockley insista pour que les juristes de chez Bell déposent un brevet très général fondé sur sa propre intuition initiale quant à la manière dont un effet de champ pouvait influencer le courant dans un semi-conducteur. Mais dans leurs recherches, les juristes découvrirent qu'un brevet avait été accordé en 1930 à un physicien peu connu, Julius Lilienfeld, qui avait proposé (mais n'avait jamais construit ni compris) un dispositif utilisant l'effet de champ. Aussi décidèrent-ils de solliciter un brevet pour l'invention plus étroitement définie d'une méthode à point de contact pour la fabrication d'un dispositif à semi-

conducteur, et les seuls noms figurant sur la demande en question seraient ceux de Bardeen et Brattain. Les juristes interrogèrent les deux chercheurs séparément, et tous deux affirmèrent qu'il s'agissait d'un effort commun auquel chacun d'eux avait contribué à parts égales. Shockley était furieux d'avoir été exclu de la plus importante des demandes de brevet. Les cadres de chez Bell essayèrent de dissimuler le désaccord en exigeant que les trois hommes figurent ensemble sur toutes les photos pour la publicité de l'entreprise et les communiqués de presse.

Au cours des semaines suivantes, Shockley fut de plus en plus déconcerté, au point d'avoir du mal à dormir³¹. Ce qu'il appelait sa « volonté de penser » était impulsée par « [son] propre désir de jouer un rôle plus significatif, plus personnel, et non de simple gestionnaire, dans ce qui était manifestement un développement d'une importance potentielle énorme³² ». Il se réveillait au milieu de la nuit pour faire les cent pas en cherchant des méthodes plus efficaces pour construire le dispositif. Tôt le matin du 23 janvier 1948, un mois après la démonstration de l'invention de Bardeen et Brattain, Shockley s'éveilla avec une intuition qui rassemblait toutes les réflexions qu'il avait faites pendant son voyage à Chicago. Il s'assit à sa table de cuisine et se mit à écrire furieusement.

L'idée de Shockley concernait une façon de construire un amplificateur à semi-conducteur moins rustique que le montage bricolé par Bardeen et Brattain. Au lieu d'enfoncer des électrodes en or dans une plaque de germanium, Shockley imagina une méthode de « jonction » plus simple, une sorte de sandwich. Les couches supérieure et inférieure seraient en germanium dopé par des impuretés de façon à produire un excès d'électrons, avec, entre les deux, une mince tranche de germanium comportant des « trous » – un déficit d'électrons. Les couches de germanium dotées d'un excès d'électrons étaient dites de « type N » (négatif) et la couche affectée d'un déficit d'électrons était de « type P » (positif). Chaque couche serait attachée à un fil qui permettrait de modifier sa tension. La couche intermédiaire P formerait une barrière réglable qui, selon la tension appliquée, régulerait le flux d'électrons entre les couches N supérieure et inférieure. Soumettre cette barrière même à une faible tension positive, écrivait Shockley, « augmenterait de façon exponentielle le flux d'électrons franchissant la barrière ». Plus la charge sur cette couche intérieure P serait forte, plus cette couche aspirerait d'électrons qui circuleraient d'une couche extérieure N à l'autre. Autrement dit, elle pourrait amplifier ou couper le courant traversant le semi-conducteur – et ce en quelques nanosecondes.

Shockley écrivit quelques notes dans son carnet de labo, mais il

garda le secret sur son idée pendant presque un mois. « J'éprouvais le désir compétitif de faire de mon propre chef quelques inventions sur le transistor », admettrait-il plus tard³³. Il n'informa pas ses collègues avant la mi-février, lorsqu'ils se retrouvèrent à une présentation de travaux dans le même domaine proposée par un scientifique de chez Bell. Shockley se rappelle avoir été « surpris » lorsque ce chercheur présenta certains résultats qui confirmaient le fondement théorique d'un dispositif à jonction, et il se rendit compte que quelqu'un dans l'assistance, très vraisemblablement Bardeen, risquait d'en tirer les conclusions et de passer à l'étape suivante. « À ce stade, affirma-t-il, l'idée d'utiliser des jonctions PN plutôt que des électrodes métalliques n'aurait été qu'une étape mineure et le transistor à jonction aurait été inventé. » Alors avant que Bardeen ou quelqu'un d'autre ne puisse suggérer pareil dispositif, Shockley se leva d'un bond et monta sur le podium pour révéler la configuration sur laquelle il travaillait. « Je ne voulais pas me laisser griller sur ce coup-là », écrivit-il plus tard³⁴.

Bardeen et Brattain furent pris au dépourvu. Le fait que Shockley ait gardé secrète sa nouvelle idée et violé ainsi l'éthique du partage intégrée à la culture d'entreprise chez Bell les choqua. Ils n'en pouvaient pas moins s'empêcher d'admirer la simplicité et l'élégance de sa démarche.

Quand les demandes de brevet pour les deux méthodes eurent été déposées, les huiles des laboratoires Bell décidèrent que le moment était venu de révéler au grand public l'existence du nouveau dispositif. Mais d'abord il leur fallait lui trouver un nom. En interne, on l'avait appelé « triode à semi-conducteurs » et « amplificateur à états superficiels », mais ces dénominations n'étaient pas assez faciles à retenir, s'agissant d'une invention qui, croyaient-ils – et avec raison –, allait révolutionner le monde. Un jour un collègue nommé John Pierce s'aventura dans le bureau de Brattain. En plus d'être un ingénieur compétent, c'était un habile ciseleur du verbe qui écrivait de la science-fiction sous le pseudonyme de J.J. Coupling. Parmi ses nombreux mots d'esprit, on pouvait citer « La nature a horreur du tube à vide » et « Après avoir poussé en désordre pendant des années, le champ de l'informatique semble atteindre le stade de la petite enfance ». « Tu es exactement l'homme que je voulais voir », déclara Brattain. Et il lui posa la question du nom de l'invention. Au bout d'un instant seulement, Pierce trouva une suggestion. Puisque ce dispositif possédait la propriété de transrésistance et devrait donc recevoir un nom similaire à ceux de dispositifs tels que le thermistor et le varistor, Pierce proposa *transistor*. « C'est ça ! » s'exclama Brattain. Le processus du baptême devait encore être soumis au vote de tous les autres

ingénieurs, mais *transistor* l'emporta facilement devant cinq autres propositions³⁵.

Le 30 juin 1948, la presse se rassembla dans l'auditorium de l'ancien immeuble des laboratoires Bell sur West Street à Manhattan. L'événement, centré sur Shockley, Bardeen et Brattain en tant que groupe, était présenté par le directeur de la recherche, Ralph Brown, en complet sombre et nœud papillon multicolore. Il souligna que l'invention du transistor était née de la combinaison du travail d'équipe collaboratif et de l'intelligence individuelle : « La recherche scientifique est de plus en plus reconnue comme le travail d'un groupe ou d'une équipe [...] Ce que nous avons pour vous aujourd'hui représente un bel exemple de travail d'équipe, de brillantes contributions individuelles, et de la valeur de la recherche fondamentale dans un cadre industriel³⁶. » Ainsi était précisément décrite la combinaison qui était devenue la formule de l'innovation à l'ère numérique.

Le *New York Times* enterra l'information en page 46 en dernière position de sa rubrique « Nouvelles de la radio », après un entrefilet annonçant la prochaine diffusion d'un récital d'orgue. Mais *Time* en fit le sujet principal de sa section « Science », avec la manchette « Un neurone miniature ». Les laboratoires Bell appliquèrent la règle voulant que Shockley figure sur toutes les photos promotionnelles avec Bardeen et Brattain. La plus célèbre montre le trio dans le laboratoire de Brattain. Juste avant qu'elle ne soit prise, Shockley s'est assis sur la chaise de Brattain, comme si c'était son bureau et son microscope à lui, et est devenu le sujet principal de la photo. Des années plus tard, Bardeen décrirait la consternation durable de Brattain et son ressentiment envers Shockley : « Ce que Walter déteste cette photo ! [...] C'est le matériel de Walter et c'est notre expérience à nous, et Bill n'avait rien à voir avec ça³⁷. »

Les radios à transistors

Les laboratoires Bell furent un chaudron de l'innovation. Outre le transistor, ils firent œuvre de pionniers dans les domaines de l'électronique informatique, de la technologie laser et des téléphones portables. Ils étaient toutefois moins doués pour faire fructifier leurs inventions. En tant que filiale d'une société réglementée qui avait un monopole sur la plupart des services téléphoniques, ils n'étaient pas avides de nouveaux produits et, juridiquement bridés, ne pouvaient utiliser le levier du monopole pour investir les autres marchés. Afin d'éviter les critiques du grand public et les procès anti-trust, ils exploitaient leurs brevets en vendant des licences à d'autres sociétés.

Pour le transistor, ils fixèrent un prix remarquablement bas, vingt-cinq mille dollars, pour toute société qui voudrait en produire, et proposèrent même des séminaires pour expliquer les techniques de fabrication.

Malgré cette politique de séduction, au moins une jeune pousse eut du mal à leur arracher une licence : une firme de prospection pétrolière basée à Dallas qui avait changé d'orientation et s'était rebaptisée Texas Instruments. Son vice-président délégué, Pat Haggerty, qui plus tard prendrait les commandes de la société, avait servi au Bureau de l'aéronautique de la marine américaine et était convaincu que l'électronique allait transformer presque tous les aspects de la vie. Quand il entendit parler des transistors, il décida que Texas Instruments trouverait un moyen de les exploiter. Contrairement à bien des sociétés établies, elle était assez audacieuse pour se réinventer. Mais les gens des laboratoires Bell, raconte Haggerty, étaient « visiblement amusés par l'effronterie de ces débutants persuadés qu'ils pourraient développer les compétences pour être compétitifs dans ce domaine ». Au début, du moins, Bell refusa de vendre une licence à Texas Instruments : « Cette affaire n'est pas pour vous, leur dit-on. Nous ne pensons pas que vous soyez à la hauteur³⁸. »

Au printemps 1952, Haggerty réussit enfin à persuader les laboratoires Bell de laisser Texas Instruments acheter une licence pour fabriquer des transistors. En outre, il débaucha Gordon Teal, un chercheur en chimie dont le laboratoire se situait non loin de celui de l'équipe des semi-conducteurs sur l'un des immenses couloirs de l'établissement. Teal était expert dans la manipulation du germanium, mais lorsqu'il rejoignit Texas Instruments, il l'avait déjà délaissé pour le silicium, élément plus abondant et plus performant aux hautes températures. Dès mai 1954, il fut en mesure de fabriquer un transistor au silicium qui empruntait l'architecture à jonction NPN élaborée par Shockley.

S'exprimant lors d'un colloque en ce même mois, Teal achevait de lire une communication de trente et une pages qui avait presque endormi son auditoire lorsqu'il déclara : « Contrairement à ce que mes collègues vous ont dit sur les perspectives douteuses des transistors au silicium, il se trouve que j'en ai quelques-uns dans ma poche. » Il plongea ensuite dans un bécier d'huile brûlante un transistor au germanium connecté à un électrophone ; le transistor expira. Teal répéta l'expérience avec un de ses transistors au silicium, et « Summit Ridge Drive » par Artie Shaw et son orchestre fut à nouveau audible avec son plein volume sonore. « Avant la fin de la séance, dirait plus tard Teal, le public stupéfait se bousculait pour avoir des exemplaires

de ma communication, que nous avons apportés tout à fait par hasard³⁹. »

L'innovation se produit par étapes. Dans le cas du transistor, il y eut d'abord l'invention, introduite par Shockley, Bardeen et Brattain. Ensuite vint la production, sous la direction d'ingénieurs comme Teal. Enfin – et c'est tout aussi important –, il y eut les entrepreneurs qui trouvèrent comment créer de nouveaux marchés. Le parcours de Pat Haggerty, l'énergique patron de Teal, est un cas haut en couleur dans cette troisième étape du processus d'innovation.

Comme plus tard Steve Jobs, Haggerty pouvait projeter un champ de distorsion de la réalité qu'il utilisait pour inciter les gens à accomplir des choses qu'ils croyaient impossibles. En 1954, les transistors étaient vendus aux militaires pour environ 16 dollars pièce. Or afin de pouvoir percer sur le marché de l'électronique grand public, Haggerty insista pour que ses ingénieurs trouvent une méthode de fabrication permettant de les vendre pour moins de 3 dollars. Ce qu'ils firent. Il développa aussi un talent à la Steve Jobs – imaginer des appareils dont les consommateurs ne savaient pas encore qu'ils en auraient besoin mais dont ils ne pourraient bientôt plus se passer. Dans le cas du transistor, Haggerty eut l'idée d'un récepteur radio de poche. Lorsqu'il essaya de convaincre RCA et d'autres grandes firmes qui fabriquaient des postes de radio de salon de devenir ses partenaires dans cette aventure, ils lui firent remarquer (et avec raison) qu'il n'y avait pas de demande pour des radios de poche chez les consommateurs. Mais Haggerty avait compris qu'il était plus important de générer de nouveaux marchés que de se contenter de vivre sur ses acquis. Il persuada une petite entreprise d'Indianapolis qui fabriquait des amplificateurs d'antennes de télévision de s'associer avec lui pour créer ce qui s'appellerait le Regency TR-1. Haggerty conclut l'affaire en juin 1954, et, conformément à son caractère, insista pour que le produit soit sur le marché en novembre au plus tard. Il le fut.

Le Regency, gros comme un paquet de fiches bristol, utilisait quatre transistors et coûtait 49,95 dollars. Au début, il avait été lancé plus ou moins dans une optique sécuritaire, à présent que les Russes avaient la bombe atomique. « En cas d'attaque ennemie, votre Regency TR-1 deviendra votre plus précieuse possession », lisait-on dans les premiers modes d'emploi. Mais il devint rapidement l'objet des désirs consuméristes et des obsessions adolescentes. Son boîtier en plastique avait quatre couleurs au choix, comme l'iPod : noir, ivoire, rouge mandarin et gris nuage. En l'espace d'un an, il s'en était vendu cent

mille, ce qui en fait l'un des nouveaux produits les plus populaires de tous les temps⁴⁰.

Du jour au lendemain, tout le monde aux États-Unis savait ce qu'était un transistor. Le grand patron d'IBM Thomas Watson Jr acheta une centaine de Regency TR-1 et les donna à ses cadres supérieurs en leur disant de se mettre à plancher sur l'utilisation des transistors dans les ordinateurs⁴¹.

Plus fondamentalement encore, le poste à transistors devint le premier exemple majeur d'un thème qui définirait l'ère numérique : la technologie au service de l'individu. La radio n'était plus un appareil de salon partagé par toute la famille ; c'était un appareil pour l'usage individuel qui vous permettait d'écouter de la musique où vous vouliez et quand vous vouliez – même si c'était de la musique que vos parents voulaient interdire.

Et, de fait, il y eut une relation symbiotique entre l'avènement du poste à transistors et la montée en puissance du rock'n'roll. Le premier enregistrement commercial d'Elvis Presley, *That's All Right, Mama*, sortit en même temps que le Regency TR-1. Tous les jeunes voulaient une radio pour écouter cette musique rebelle. Et le fait qu'on pouvait emporter ces radios à la plage ou au sous-sol, loin des oreilles désapprobatrices des parents et de leurs doigts prompts à tourner le bouton, permit à cette musique de s'épanouir. « Le seul regret que j'ai à propos du transistor, c'est son usage pour le rock'n'roll », se plaignait souvent son co-inventeur Walter Brattain, en plaisantant un peu sans doute. Roger McGuinn, le chanteur des Byrds, reçut un poste à transistors pour ses treize ans, en 1955 : « J'ai entendu Elvis. Pour moi ç'a été une remise en question⁴². »

La voie était tracée pour une perception nouvelle de l'industrie électronique, surtout chez les jeunes. Elle ne serait plus au service exclusif des grosses sociétés et des militaires. Elle pourrait aussi émanciper l'individualité, la liberté, la créativité, et même encourager un peu l'esprit de rébellion.

Mettre le feu au monde

Le problème avec les équipes qui réussissent, surtout quand elles sont passionnées, c'est que parfois elles éclatent. Il faut un type particulier de chef – à la fois génial inspirateur et pédagogue exigeant, alliant l'esprit de compétition et l'esprit de collaboration –, pour en assurer la cohésion. Ce n'était pas le profil de Shockley. Mais exactement l'inverse. Comme il l'avait montré lorsqu'il s'était isolé pour concevoir le transistor à jonction, il pouvait être jaloux et

cachottier avec ses propres collègues. Un autre talent des grands chefs d'équipe est l'aptitude à susciter un esprit de corps non hiérarchisé. Là aussi, Shockley échoua. Il était autocratique et étouffait souvent la motivation en cassant les initiatives. Brattain et Bardeen avaient eu leur grand triomphe à l'époque où Shockley proposait quelques menues suggestions, mais ne les surveillait pas à chaque instant ni ne les faisait marcher à la baguette. Ensuite, il devint plus autoritaire.

Pendant leurs parties de golf du week-end, Bardeen et Brattain partageaient leur consternation à propos de Shockley. À un moment, Brattain décida qu'il faudrait mettre la puce à l'oreille de Mervin Kelly, le président des laboratoires Bell. « Tu veux l'appeler, ou tu veux que ce soit moi qui le fasse ? » demanda-t-il à Bardeen. Cette corvée échet, on s'en serait douté, à Brattain, le plus volubile des deux.

Il rencontra Kelly chez lui, dans le bureau lambrissé de sa résidence de Short Hills, une banlieue proche. Brattain exposa ses griefs et ceux de Bardeen, et dit à quel point Shockley était maladroit en tant que gestionnaire et collègue. Kelly fit la sourde oreille. « Alors, finalement, sans penser aux conséquences, j'ai dit comme ça que John Bardeen et moi-même savions quand Shockley avait inventé le transistor [à jonction] PNP », raconte Brattain. Autrement dit, il avait laissé échapper une menace voilée en sous-entendant que certains des concepts invoqués dans la demande de brevet pour le transistor à jonction, qui en désignait Shockley comme l'inventeur, provenaient en réalité des travaux de Brattain et Bardeen. « Kelly a compris que ni Bardeen, ni moi, si jamais nous nous retrouvions à la barre d'un tribunal pour un litige impliquant les brevets, ne mentirions sur ce que nous savions. Il a complètement changé d'attitude. Après quoi ma position chez Bell a été un petit peu plus satisfaisante⁴³. » Bardeen et Brattain n'étaient plus sous les ordres de Shockley.

Le nouvel arrangement s'avéra insuffisant pour contenter Bardeen, qui se détourna des semi-conducteurs et commença à travailler sur la théorie de la supraconductivité. Il prit un poste à l'université de l'Illinois. « Mes difficultés sont liées à l'invention du transistor, écrivit-il dans la lettre de démission qu'il adressa à Kelly. Avant cela, il y avait ici une excellente ambiance de recherche [...] Après l'invention, Shockley a d'abord refusé que les autres membres du groupe travaillent sur le problème. Bref, il a surtout utilisé le groupe pour exploiter ses propres idées⁴⁴. »

La démission de Bardeen et les critiques de Brattain fragilisèrent la position et le prestige de Shockley aux laboratoires Bell. Sa personnalité ombrageuse l'écarta des promotions. Il en appela à Kelly

et même au président d'AT&T, mais en vain. « Rien à cirer, dit-il à un collègue. Je vais monter ma propre affaire, et comme ça je vais gagner un million de dollars. Et, au fait, je vais faire ça là-bas en Californie. » Quand il entendit parler du projet de Shockley, Kelly n'essaya pas de l'en dissuader. Bien au contraire : « Je lui ai dit que s'il pouvait gagner un million de dollars, qu'il ne se gêne surtout pas ! » Kelly appela même Laurence Rockefeller pour lui recommander de contribuer au financement de l'aventure proposée par Shockley⁴⁵.

Tout en se colletant avec sa situation en 1954, Shockley passa par une crise de la quarantaine. Après avoir aidé sa femme à lutter contre un cancer des ovaires, il la quitta alors qu'elle était en rémission et se trouva une petite amie qu'il épouserait plus tard. Il obtint un congé sabbatique des laboratoires Bell et, s'agissant d'une crise de la quarantaine classique, il acheta même une voiture de sport, un cabriolet Jaguar XK-120 vert.

Shockley passa un semestre comme professeur invité à Caltech et accepta une prestation de consultant pour le Groupe d'évaluation des systèmes d'armements de l'armée de terre à Washington, mais la plupart du temps il sillonna les États-Unis pour essayer de mieux cerner son nouveau projet, visiter des entreprises de haute technologie et rencontrer des chefs d'entreprise arrivés, comme William Hewlett de Hewlett-Packard et Edwin Land de Polaroid. « Je crois que je vais essayer de lever du capital et démarrer en solo, écrivait-il à sa petite amie. Après tout, il est évident que je suis plus intelligent, plus énergique et que je comprends mieux les gens que la plupart de ces autres types. » Ses journaux intimes de 1954 le révèlent en train de se démenier pour trouver un sens à sa quête. « Manque d'appréciation par les patrons, ça veut dire quoi ? » écrit-il un jour. Comme cela arrive dans de nombreuses biographies, il y avait aussi la question de se montrer à la hauteur d'un père défunt. Quand il envisage son projet de créer une société qui rendrait les transistors incontournables, il écrit : « Idée de mettre le feu au monde, papa [serait] fier⁴⁶. »

Mettre le feu au monde. En dépit du fait qu'il ne réussirait jamais dans les affaires, Shockley donnerait corps à cette idée. La société qu'il était sur le point de fonder allait transformer une vallée connue pour ses vergers d'abricotiers en un lieu où le silicium se changerait en or.

Shockley Semiconductor

En février 1955, lors du gala annuel de la chambre de commerce de Los Angeles, deux pionniers de l'électronique étaient à l'honneur : Lee

de Forest, qui avait inventé le tube à vide, et Shockley, l'inventeur de son successeur. Shockley était assis à côté d'un industriel distingué, Arnold Beckman, vice-président de la chambre de commerce. Comme Shockley, Beckman avait travaillé pour les laboratoires Bell, où il avait développé des techniques pour fabriquer des tubes à vide. Professeur à Caltech, il avait inventé divers instruments de mesure, dont un qui évaluait l'acidité des citrons, et, sur la base de son invention, avait édifié une grande entreprise industrielle.

En août de la même année, Shockley demanda à Beckman de siéger au conseil d'administration de sa future société d'électronique. « Je lui ai demandé de m'en dire un tout petit peu plus sur les autres personnes qui seraient au CA, raconte Beckman, et il s'est trouvé qu'il allait avoir un CA composé de presque tous les gens qui étaient dans la fabrication des instruments, et qui tous seraient ses concurrents. » Beckman se rendit compte à quel point Shockley était « incroyablement naïf ». Aussi, afin de l'aider à élaborer une démarche plus raisonnable, il l'invita à passer une semaine à Newport Beach, où était amarré son voilier⁴⁷.

Shockley projetait de fabriquer des transistors en recourant à la diffusion gazeuse pour doper le silicium avec des impuretés. En ajustant les facteurs durée, pression et température, il pouvait contrôler avec précision le processus, permettant ainsi la fabrication en grande série de différentes variétés de transistors. Impressionné par cette idée, Beckman convainquit Shockley de ne pas lancer sa propre société mais, à la place, de diriger une nouvelle division de Beckman Instruments, que Beckman financerait.

Beckman voulait l'implanter dans la région de Los Angeles, où se trouvaient la plupart de ses autres divisions. Mais Shockley insista pour une implantation à Palo Alto, où il avait été élevé, afin de pouvoir être près de sa mère âgée. Ils ne pouvaient pas se passer l'un de l'autre, ce que d'aucuns trouvaient bizarre, mais qui aurait une signification historique en contribuant à la création de Silicon Valley.

Palo Alto était encore, comme du temps de l'enfance de Shockley, une petite ville universitaire entourée de vergers. Mais au cours des années 1950 sa population doubla, atteignant les cinquante-deux mille habitants, et douze nouvelles écoles primaires furent construites. Cette croissance était en partie due au boom des industries de la défense stimulées par la guerre froide. Des cartouches de film larguées depuis les avions espions américains U-2 étaient envoyées à l'Ames Research Center (ARC) de la NASA dans la ville voisine de Sunnyvale. Des fournisseurs militaires prirent racine dans les zones environnantes, comme la division Missiles & Espace de Lockheed, qui fabriquait des

missiles balistiques mer-sol, et Westinghouse, qui produisait des tubes et des transformateurs pour les systèmes de guidage. Des lotissements proliférèrent pour loger les jeunes ingénieurs de l'industrie et les professeurs débutants de Stanford. « Il y avait toutes ces industries militaires à la pointe du progrès, raconte Steve Jobs, qui était né en 1955 et avait grandi dans cette région. C'était mystérieux, très high-tech, et ça rendait la vie très excitante⁴⁸. »

Les industries de la défense furent rejointes par des sociétés qui fabriquaient des instruments de mesure électriques et d'autres dispositifs technologiques. Les racines de ce secteur remontaient à 1938, lorsque l'entrepreneur en électronique Dave Packard et sa nouvelle épouse avaient emménagé dans une maison à Palo Alto possédant un hangar, où son ami Bill Hewlett ne tarda pas à s'installer. La maison avait aussi un garage – appendice qui deviendrait à la fois utile et iconique à Silicon Valley –, dans lequel ils bricolèrent jusqu'à ce qu'ils aient leur premier produit, un oscillateur audio. Dans les années 1950, Hewlett-Packard était déjà devenu l'exemple à imiter pour les start-up technologiques de la région⁴⁹.

Par bonheur, il existait un lieu pour les entrepreneurs à l'étrémité de leurs garages. Fred Terman, un doctorant du MIT qui avait étudié sous Vannevar Bush et était devenu le directeur de l'ingénierie à l'université Stanford, créa en 1953 un parc industriel sur trois cent cinquante hectares de terrain vierge appartenant à l'université où les entreprises technologiques pourraient louer des terrains à des conditions avantageuses et construire de nouveaux bureaux. Ce qui contribua à transformer la région. Hewlett et Packard avaient été des étudiants de Terman, et il les avait persuadés de rester à Palo Alto quand ils fonderaient leur propre société au lieu d'aller sur la côte Est, comme le faisaient jusqu'alors la majorité des plus brillants diplômés de Stanford. Ils furent parmi les premiers locataires du Stanford Research Park. Tout au long des années 1950, Terman, qui deviendrait doyen de Stanford, enrichit le parc industriel en encourageant ses occupants à entretenir une relation symbiotique avec Stanford ; employés et cadres pouvaient étudier ou enseigner à temps partiel à l'université, et les professeurs de Stanford avaient toute licence pour conseiller les nouvelles entreprises. Le Stanford Research Park finirait par alimenter des centaines de sociétés, de Varian à Facebook.

Lorsque Terman apprit que Shockley songeait à implanter sa nouvelle entreprise à Palo Alto, il lui écrivit une lettre enjôleuse décrivant tous les bénéfices qu'offrirait la proximité de Stanford. « Je crois que l'implantation ici serait avantageuse pour les deux parties », concluait-il. Shockley était d'accord. Tandis que son nouveau siège de Palo Alto était en construction, Shockley Semiconductor Laboratory,

une division de Beckman Instruments, s'installa à titre provisoire dans un hangar métallique qui avait servi à entreposer des abricots. Le silicium était dans la vallée.

Robert Noyce et Gordon Moore

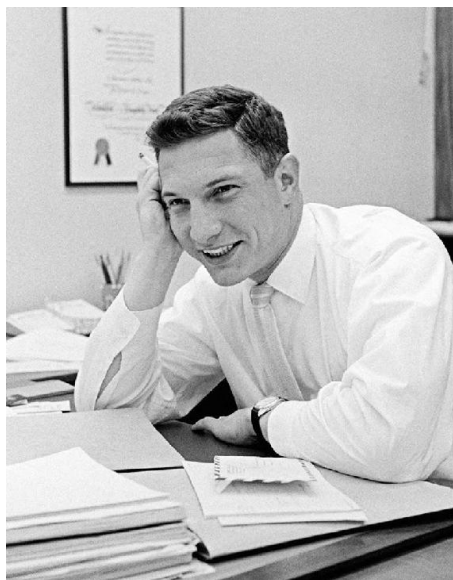
Shockley essaya de recruter certains des chercheurs avec qui il avait travaillé aux laboratoires Bell, mais ils le connaissaient trop bien. Il entreprit donc de dresser une liste des meilleurs ingénieurs en semi-conducteurs dans tous le pays et de les démarcher au téléphone. Le plus remarquable d'entre eux, destiné à être un choix décisif, était Robert Noyce, natif de l'Iowa, enfant prodige charismatique titulaire d'un doctorat du MIT. À l'époque, il avait vingt-huit ans et était directeur de recherche chez Philco à Philadelphie. En janvier 1956, Noyce décrocha son téléphone et entendit « Ici Shockley ». Il comprit immédiatement de qui il s'agissait. « C'était comme si on décrochait et qu'on avait Dieu au bout du fil », déclara Noyce⁵⁰. Plus tard, il plaisanta : « Quand il est venu ici pour organiser Shockley Labs, il a sifflé et je suis venu⁵¹. »

Noyce, troisième des quatre fils d'un pasteur congrégationaliste, grandit dans une succession de minuscules bourgades agricoles de l'Iowa – Burlington, Atlantic, Decorah, Webster City –, où son père se trouvait affecté. Les deux grands-pères de Noyce étaient eux aussi pasteurs de l'Église congrégationaliste, mouvement protestant non conformiste qui était un produit de la Réforme puritaine. Même s'il n'avait pas hérité de leur foi religieuse, Noyce avait absorbé l'aversion de leur Église envers la hiérarchie, l'autorité centralisée et le pouvoir autocratique⁵².

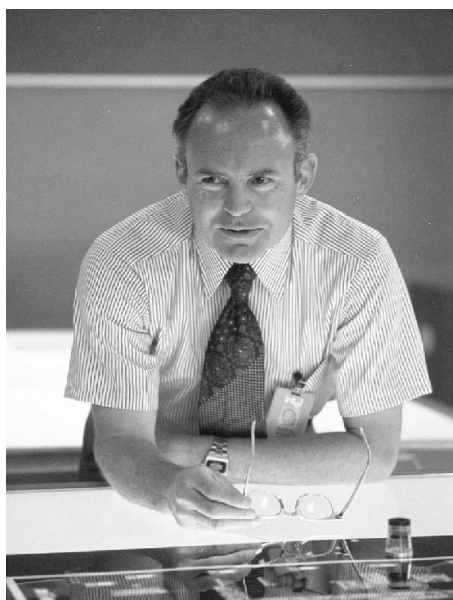
L'année de ses douze ans, sa famille se fixa finalement à Grinnell (cinq mille deux cents habitants à l'époque), à quatre-vingts kilomètres à l'est de Des Moines, où son père obtint un poste administratif dans l'Église. La principale attraction de la ville était Grinnell College, fondé en 1846 par un groupe de congrégationalistes de Nouvelle-Angleterre. Noyce, avec son sourire contagieux et son corps musclé mais gracieux, s'épanouit au lycée de la ville en tant que brillant élève, sportif et bourreau des cœurs. « Le sourire en coin instantané, les bonnes manières, une famille respectable, les cheveux ondulés hauts sur le front, le petit air canaille – voilà qui faisait une combinaison séduisante », écrit son biographe Leslie Berlin. Et d'après sa petite amie au lycée : « C'était probablement l'homme le plus gracieux physiquement que j'aie jamais rencontré⁵³. »

Des années plus tard, le journaliste littéraire Tom Wolfe rédigea un

profil scintillant de Noyce pour *Esquire*, dans lequel il frôle la canonisation :



Robert Noyce (1927-1990) chez Fairchild en 1960.



Gordon Moore (né en 1929) chez Intel en 1970.



Les « huit traîtres » : Gordon Moore, C. Sheldon Roberts, Eugene Kleiner, Robert Noyce, Victor Grinich, Julius Blank, Jean Hoerni et Jay Last qui quittèrent Shockley en 1957 pour former Fairchild Semiconductor.

« Bob avait une manière particulière de vous écouter et de vous regarder. Il baissait légèrement la tête et levait les yeux avec un regard qui faisait apparemment une centaine d'ampères. Pendant qu'il vous fixait, il ne cillait ni ne déglutissait. Il absorbait tout ce que vous disiez puis répondait très calmement d'une douce voix de baryton, souvent avec un sourire qui exhibait sa superbe dentition. Le regard, la voix, le sourire : tout cela évoquait un peu le personnage filmique du plus célèbre ancien étudiant de Grinnell College, Gary Cooper. Avec son visage volontaire, sa carrure d'athlète et son style Gary Cooper, Bob Noyce projetait ce que les psychologues appellent l'effet de halo. Les individus produisant cet effet semblent savoir exactement ce qu'ils font et, de plus, vous obligent à vouloir les admirer pour cela. Ils vous font voir un halo au-dessus de leur tête⁵⁴. »

Enfant, Noyce profita d'une situation qui était répandue à l'époque : « Papa réussissait toujours à avoir une sorte d'atelier au sous-sol. » Le jeune Noyce adorait bricoler ; il construisit notamment un poste de radio à lampes, un traîneau à hélice, et un phare qu'il utilisait pour sa tournée matinale de livreur de journaux. Il est surtout célèbre pour avoir construit un deltaplane avec lequel il décollait accroché à l'arrière d'une voiture à pleine vitesse ou en sautant du haut du toit d'une grange. « J'ai grandi dans un trou de l'Amérique profonde, où on était obligé de vivre en autarcie. Si on cassait quelque chose, il fallait le réparer soi-même⁵⁵. »

Comme ses frères, Noyce était premier de sa classe. Il tondait la pelouse de Grant Gale, un sympathique professeur de physique de Grinnell College. Avec l'aide de sa mère, qui connaissait la famille

Gale par l'intermédiaire de l'Église, il décrocha la permission de suivre le cours de Gale à l'université pendant sa dernière année au lycée. Gale devint le mentor intellectuel de Noyce, ce qui se confirma l'année suivante lorsqu'il s'inscrivit en licence à Grinnell.

Il y suivit des études en maths et en physique et brilla dans toutes ses prestations, universitaires et autres, avec une grâce sans affectation. Il s'appliqua à dériver toutes les formules du cours de physique à partir de zéro, devint le champion de plongeon de la ligue interuniversitaire du Midwest sous les couleurs de Grinnell, joua du hautbois dans l'orchestre, chanta dans la chorale, conçut des circuits pour le club d'aéromodélisme, tint le premier rôle dans un soap opera radiophonique et aida son professeur de maths à faire un cours de calcul intégral sur les nombres complexes. On a du mal à le croire, mais tout cela ne l'empêchait pas d'avoir la cote avec tout le monde.

Son affabilité polissonne lui attirait parfois des ennuis. Pendant sa troisième année de licence, lorsque les étudiants de sa résidence décidèrent d'organiser un *luau*, pique-nique de printemps à la hawaïenne, Noyce et un copain se portèrent volontaires pour quérir le cochon qui serait rôti. Après quelques verres, ils s'introduisirent dans une ferme voisine et, combinant la force et l'agilité, kidnappèrent un cochonnet d'une douzaine de kilos. Après avoir massacré au couteau le porcelet couinant dans le local des douches au premier étage de la résidence, ils le firent rôtir. Il s'ensuivit moult acclamations, applaudissements, bombances et beuveries. Le lendemain matin, ils eurent comme une gueule de bois morale. Noyce et son acolyte allèrent voir le fermier et avouèrent leur forfait, offrant de payer pour ce qu'ils avaient pris. Dans un livre d'images, il aurait été récompensé pour sa sincérité comme George Washington dans l'anecdote du cerisier. Mais dans la besogneuse contrée agricole de l'Iowa, le larcin qu'il avait commis n'était ni amusant ni pardonnable. Le propriétaire de la ferme était l'austère maire de la ville, qui menaça de porter plainte. Le professeur Gale finit par négocier un compromis : Noyce rembourserait la valeur du cochon et serait suspendu pour un semestre, mais pas exclu. Noyce ne se laissa pas abattre⁵⁶.

Quand Noyce revint en février 1949, Gale lui rendit ce qui était peut-être un service encore plus grand. Le professeur avait été un condisciple de John Bardeen à l'université du Wisconsin, et quand il apprit l'existence du transistor dont Bardeen était le co-inventeur aux laboratoires Bell, il lui écrivit pour obtenir un échantillon. Il contacta aussi le président des laboratoires Bell, qui était un ancien de Grinnell et le père de deux de ses étudiants d'alors. Une liasse de monographies techniques arriva, suivie d'un transistor. « Grant Gale a mis la main sur l'un des premiers transistors à point de contact qui aient jamais été

fabriqués, raconte Noyce. C'était pendant ma troisième année là-bas. Je suppose que c'est l'une des choses qui m'ont poussé à m'intéresser aux transistors. » Dans un entretien ultérieur, il décrit son enthousiasme en termes plus imagés : « Ce concept m'a assommé comme la bombe atomique. C'était carrément stupéfiant. Rien que le concept, l'idée qu'on puisse avoir de l'amplification sans le vide. C'était une de ces idées qui vous secoue, vous fait sortir de l'ornière, qui vous fait penser différemment⁵⁷. »

En recevant son diplôme, Noyce eut également droit à ce qui, pour un homme de son style et de son charme, était la récompense suprême décernée par Grinnell College : le Brown Derby Prize, décerné à « l'étudiant masculin de dernière année de licence qui a eu les meilleures notes avec le moins de travail ». Mais lorsqu'il arriva au MIT pour faire son doctorat, il se rendit compte qu'il allait devoir s'appliquer un peu plus. On lui avait trouvé des faiblesses en physique théorique et il dut donc suivre un cours d'initiation à cette matière. Dès sa seconde année, il avait rattrapé son retard et décroché une bourse universitaire. Sa thèse examinait comment l'effet photoélectrique se manifeste dans l'état superficiel des isolants. Bien que ce ne soit pas un travail de laboratoire ou une analyse exceptionnels, cela le familiarisa avec les recherches de Shockley dans ce domaine.

Lorsqu'il fut convoqué par Shockley, il était donc impatient d'accepter. Mais il lui restait un obstacle à surmonter. Shockley, qui n'avait pas pu triompher à l'issue d'un test de QI quand il était enfant, commençait à manifester la sinistre paranoïa qui empoisonnerait sa carrière ultérieure ; il insista pour que les nouvelles recrues se soumettent à une batterie de tests psychologiques et d'intelligence. Noyce passa donc toute une journée dans un institut spécialisé de Manhattan, à réagir à des taches d'encre, à interpréter des dessins bizarres et à remplir des questionnaires. Les psychologues le classèrent comme un introverti qui ne ferait pas un bon chef d'entreprise, ce qui en disait bien plus sur les faiblesses des tests que sur celles de Noyce⁵⁸.

L'autre recrue célèbre de Shockley, lui aussi jugé mauvais dirigeant potentiel par les psychologues, était le suave chimiste Gordon Moore, qui reçut, comme Noyce, un appel inattendu de Shockley. Car Shockley était en train de rassembler soigneusement une équipe de talents scientifiques différenciés susceptibles d'être mélangés pour catalyser l'innovation. « Il savait que les chimistes lui avaient été utiles chez Bell, alors il a pensé qu'il lui en fallait un pour sa nouvelle

entreprise, il a trouvé mon nom et m'a téléphoné, raconte Moore. Heureusement, j'ai reconnu qui c'était. Je décroche le téléphone et j'entends : « Bonjour, ici Shockley⁵⁹. » »

Sympathique et volontairement effacé, ce qui dissimulait un intellect de précision, Gordon Moore deviendrait l'une des figures les plus respectées et les plus aimées de Silicon Valley. Il avait grandi près de Palo Alto, à Redwood City, où son père était shérif adjoint. Quand il avait onze ans, le gamin d'à côté reçut un coffret du « Petit Chimiste ». « En ce temps-là, il y avait des trucs vraiment extra dans ces kits de chimie », se rappelle Moore, en déplorant que les réglementations gouvernementales et les craintes des parents aient ensuite émasculé pareils coffrets et probablement privé la nation de quelques scientifiques bien utiles. Il réussit à produire une petite quantité de nitroglycérine, qu'il transforma en dynamite. « Cinquante grammes de dynamite, ça fait un pétard vraiment fantastique », racontait-il allègrement lors d'une interview en agitant ses dix doigts pour bien montrer qu'ils avaient survécu à ces pitreries enfantines⁶⁰. Le plaisir qu'il trouva dans ces coffrets de chimiste, dit-il, contribua à le mettre sur la voie d'une licence de chimie à Berkeley puis d'un doctorat à Caltech.

Depuis sa naissance jusqu'à ce qu'il ait terminé son doctorat, Moore ne s'aventura jamais plus à l'est que Pasadena. C'était un Californien bon teint, affable et facile à vivre. Pendant une courte période après l'obtention de son doctorat, il alla travailler au Maryland dans un laboratoire de physique de la Marine. Mais lui-même et son épouse adorée, Betty, elle aussi native du nord de la Californie, étaient impatients de rentrer au pays. Il était donc particulièrement réceptif quand il reçut l'appel de Shockley.

Lorsque Moore se présenta pour l'entretien, il avait vingt-sept ans, un an de moins que Noyce, et une calvitie naissante très distinguée. Shockley, chronomètre en main, le bombarde de questions et de cassette à résoudre. Moore fut si performant que Shockley l'emmena à dîner au Rickey's Hyatt, le restaurant local incontournable, où il joua les prestidigitateurs, comme d'habitude, en pliant une cuiller sans donner l'impression d'exercer la moindre force physique⁶¹.

La dizaine d'ingénieurs recrutés par Shockley, presque tous de moins de trente ans, le trouvaient un peu bizarre, mais absolument brillant. « Un jour, il s'est pointé comme ça dans mon labo au MIT, et je me suis dit, mon Dieu, je n'ai jamais rencontré quelqu'un d'aussi brillant, raconte le physicien Jay Last. J'ai changé tous mes plans de carrière et j'ai dit, je veux aller en Californie et travailler avec ce type. » Il y avait aussi, entre autres, Jean Hoerni, un physicien

d'origine helvétique, et Eugene Kleiner, qui devint plus tard un grand capital-risqueur. En avril 1956, il y avait déjà assez d'employés pour organiser une soirée d'accueil. Parti en voiture de Philadelphie, Noyce traversa les États-Unis d'est en ouest à tombeau ouvert pour arriver dans les temps. Il était vingt-deux heures quand il entra dans la salle ; Shockley dansait le tango en solo, une rose à la bouche. L'un des ingénieurs décrivit l'arrivée de Noyce à son biographe Leslie Berlin : « Il n'était pas rasé, à voir l'état de son costard, on avait l'impression qu'il avait dormi tout habillé pendant une semaine – et puis il avait soif. Il y avait un de ces grands bols de martini dry sur la table. Noyce empoigne ce fichu bol et commence à boire. Et puis il tombe dans les pommes. Je me suis dit : “Ça va être une vraie partie de plaisir⁶².” »

Shockley perd le fil

Certains meneurs d'hommes savent être volontaires et exigeants tout en inspirant encore de la loyauté envers eux. Steve Jobs, par exemple ; son manifeste personnel, travesti en pub télé, commençait ainsi : « À la santé des dingues. Des désaxés. Des rebelles. Des fauteurs de troubles. Les chevilles rondes dans les trous carrés. » Le fondateur d'Amazon, Jeff Bezos, a la même capacité à inspirer les autres. Le truc, c'est de faire en sorte que les gens vous suivent, même dans des endroits qu'ils croient inaccessibles pour eux, en les motivant à partager votre sens de la mission. Shockley n'avait pas ce talent. Son aura personnelle lui permit de recruter des collaborateurs brillants, mais peu après avoir commencé de travailler ensemble, ils souffraient de sa direction maladroite, tout comme Brattain et Bardeen avant eux.

Un des talents du bon leader est de savoir quand aller de l'avant malgré les sceptiques, et quand les écouter. Shockley avait du mal à maintenir cet équilibre. Ce fut le cas lorsqu'il conçut une diode à quatre couches dont il estimait qu'elle serait plus rapide et plus polyvalente qu'un transistor à trois couches. À certains égards, c'était la première étape vers un circuit intégré, car ce nouveau dispositif exécuterait des tâches qui exigeraient quatre ou cinq transistors sur la même carte. Mais ce composant était difficile à fabriquer (le silicium fin comme du papier devait être dopé différemment de chaque côté) et la plupart de ceux qui sortaient de la chaîne étaient inutilisables. Noyce essaya d'amener Shockley à abandonner la diode, mais en vain.

Beaucoup d'innovateurs se sont montrés pareillement obstinés dans la poursuite d'une idée nouvelle, mais Shockley franchit la frontière entre le visionnaire et l'halluciné, faisant de lui un exemple du mauvais leadership. Dans ses efforts pour imposer la diode à quatre couches, il se montra maniaque du secret, rigide, autoritaire et

paranoïaque. Il forma des équipes privées autour de sa personne et refusa de partager ses informations avec Noyce, Moore et d'autres. « Il ne pouvait pas encaisser le fait qu'il avait pris une mauvaise décision, alors il a commencé à accuser tout le monde autour de lui, raconte Jay Last, un ingénieur qui lui résista. Il nous insultait pas mal. Moi qui étais son chouchou, j'ai fini par devenir l'une des causes de tous ses problèmes⁶³. »

Sa paranoïa, qui se diffusait déjà en profondeur dans sa personnalité, se manifestait dans des incidents inquiétants. Par exemple, lorsqu'une secrétaire de la société se coupa le doigt en ouvrant une porte, Shockley se persuada qu'il y avait du sabotage là-dessous. Il ordonna à tous les employés de la société de passer au détecteur de mensonge. La plupart refusèrent, et Shockley dut faire marche arrière. On découvrit plus tard que la blessure avait été causée par les restes d'une punaise utilisée pour afficher un avis sur la porte en question. « Je ne crois pas que le terme de "tyran" suffise pour désigner Shockley, disait Moore. C'était un individu complexe. Il avait tellement l'esprit de compétition qu'il se trouvait des rivaux même chez les gens qui travaillaient pour lui. Mon diagnostic de non-spécialiste est qu'il était aussi parano⁶⁴. »

Pis encore, l'engouement de Shockley pour la diode à quatre couches s'avéra injustifié. Parfois la différence entre les génies et les hurluberlus dépend du succès ou de l'échec de leurs idées. Si la diode de Shockley avait été une solution pratique ou s'il l'avait transformée en un circuit intégré, il aurait peut-être encore été considéré comme un visionnaire. Mais ce ne fut pas le cas.

La situation empira encore quand Shockley, avec ses premiers associés Bardeen et Brattain, obtint le prix Nobel. Lorsque Shockley fut prévenu par téléphone au petit matin du 1^{er} novembre 1956, il crut à une farce d'Halloween. Plus tard, il finirait par soupçonner qu'on avait essayé de lui refuser le prix et enverrait une lettre au comité Nobel pour obtenir des informations sur les gens qui avaient manifesté par écrit leur opposition à sa personne, demande qui fut refusée. Mais pour cette journée au moins, il y eut un relâchement dans la tension et l'occasion de fêter quelque chose. Un dîner au champagne fut servi au Rikeys.

Shockley était toujours en froid avec Bardeen et Brattain, mais l'atmosphère fut cordiale quand ils se retrouvèrent à Stockholm avec leurs familles pour la cérémonie de remise des prix. Le président du comité Nobel souligna dans son allocution la combinaison du génie individuel et du travail d'équipe impliquée dans l'invention du transistor. Il évoqua « un effort suprême d'intuition, d'ingéniosité et de

persévérance, exercé individuellement et en équipe ». Plus tard ce soir-là, Bardeen et Brattain prenaient un verre dans le bar du Grand Hôtel lorsque, peu après minuit, Shockley entra. Ils lui avaient à peine parlé en six ans, mais ils mirent de côté leurs différends et l'invitèrent à leur table.

Quand Shockley rentra de Stockholm, il avait la grosse tête, mais son sentiment d'insécurité était intact. Dans un entretien avec ses collaborateurs, il nota qu'il était « grand temps » que ses contributions soient reconnues. L'ambiance dans la société « s'est détériorée très rapidement », raconte Jay Last, jusqu'à ce qu'elle commence à ressembler à « un grand institut psychiatrique ». Noyce informa Shockley du « ressentiment général » qui s'accumulait, mais cet avertissement n'eut guère d'effet⁶⁵.

Le refus de Shockley de partager le mérite d'une découverte ne lui permettait guère de créer un esprit de collaboration. Lorsque certains de ses employés rédigèrent des articles destinés à être présentés à la Société de physique américaine (APS) en décembre 1956, un mois après son obtention du prix Nobel, Shockley exigea que son propre nom en tant que coauteur figure sur tous les articles. Il en était de même pour la plupart des demandes de brevet émanant de sa société. Et pourtant il soutenait, de manière quelque peu contradictoire, qu'il n'y avait qu'un seul véritable inventeur pour n'importe quelle invention, car « il n'y a qu'une seule ampoule qui s'allume dans la tête de quelqu'un ». Tous les autres individus impliqués, ajoutait-il, n'étaient que de « simples assistants⁶⁶ ». Sa propre expérience avec l'équipe qui inventa le transistor aurait dû le guérir de cette illusion.

L'égo démesuré de Shockley le conduisit à se heurter non seulement à ses subordonnés, mais aussi à son patron et propriétaire en titre de la société, Arnold Beckman. Lorsque Beckman se déplaça en avion pour une réunion motivée par le besoin de contrôler les coûts, Shockley surprit tout le monde en déclarant devant le personnel de maîtrise au complet : « Arnold, si vous n'aimez pas ce que nous faisons ici, je peux partir avec ce groupe et trouver des appuis ailleurs. » Puis il sortit de la pièce en trombe, abandonnant son supérieur humilié devant le personnel.

Aussi Beckman fut-il attentif lorsqu'en mai 1957 il reçut un appel de Gordon Moore, que d'autres collègues impatients avaient gentiment secoué pour qu'il présente leurs doléances. « Les choses ne vont pas trop bien là-bas, c'est ça ? demanda Beckman.

— C'est exactement ça », répondit Moore, qui assura Beckman que

la crème des collaborateurs resterait si Shockley partait⁶⁷. L'inverse serait également possible, le prévint Moore : si Shockley n'était pas remplacé par un directeur compétent, le personnel pourrait très bien partir.

Moore et ses collègues, qui avaient récemment vu le film *Ouragan sur le Caine*, commencèrent à se mutiner contre leur propre capitaine Queeg⁶⁸. Les semaines suivantes, une série de rencontres et de dîners secrets réunissant Beckman et sept ingénieurs de pointe mécontents menés par Moore permirent de trouver un compromis : attribuer à Shockley un rôle de consultant principal sans responsabilités de direction. Beckman invita Shockley à dîner et l'informa du changement.

Au début, Shockley acquiesça. Il était d'accord pour laisser Noyce diriger le laboratoire et limiter ses propres fonctions à proposer des idées et fournir des conseils en matière de stratégie. Puis il changea d'avis. Il n'était pas dans sa nature de perdre le contrôle de la situation. En outre, il avait des doutes sur les capacités de Noyce en tant que cadre de direction. Il dit à Beckman que Noyce ne serait pas un « leader agressif » ou assez décisif, ce qui n'était pas tout à fait inexact. Shockley était peut-être trop ambitieux et décisif, mais une petite injection de fermeté n'aurait pas fait de mal à Noyce, naturellement sociable et accommodant. L'un des principaux défis que doit relever un responsable à un poste de direction, c'est de trouver l'équilibre entre une attitude décisive affirmée et une attitude collégiale. Ni Shockley ni Noyce n'arrivaient à doser précisément le mélange.

Lorsqu'il fut forcé de choisir entre Shockley et le personnel, Beckman eut la frousse. « Avec un sentiment de loyauté mal placé, j'avais l'impression que j'avais une dette envers Shockley et que je devais lui donner au moins une chance de prouver sa valeur, expliquerait Beckman plus tard. Si j'avais su alors ce que je sais maintenant, j'aurais dit adieu à Shockley⁶⁹. » La décision de Beckman frappa de stupeur Moore et ses partisans. « En gros, Beckman nous a dit, "Shockley est le patron, c'est à prendre ou à laisser", raconte Moore. Nous avons découvert qu'un groupe de jeunes docteurs ès sciences ne pouvaient pas évincer très facilement un récent prix Nobel. » La révolte était inévitable. « Nous étions carrément acculés dans une impasse, et nous avons alors compris qu'il nous fallait partir », confirme Jay Last⁷⁰.

Abandonner une entreprise bien établie pour créer une entreprise rivale était plutôt inhabituel à l'époque, et il fallait donc un certain courage. « La culture d'entreprise qui existait dans notre pays, c'était

que vous alliez travailler pour une société, que vous restiez dans cette société et vous preniez votre retraite avec cette société, notait Regis McKenna, qui devint un expert en marketing pour les entreprises technologiques. Telles étaient les valeurs américaines traditionnelles de la côte Est, et même du Midwest. » Ce n'est plus vrai, évidemment, et les rebelles anti-Shockley contribuèrent à ce changement culturel. « Ça semble facile de nos jours parce que nous avons une tradition – en grande partie mise en route par ces mecs –, qui fait que c'est accepté par ici, disait Michael Malone, historien de Silicon Valley. Il est plus rentable de créer votre propre société et de vous planter que de moisir trente ans dans la même boîte. Mais ce n'était pas vrai dans les années 1950. Ça devait sacrément flanquer la frousse⁷¹. »

Moore se rallia aux rebelles. Ils étaient sept au début – Noyce n'avait pas encore été recruté –, et ils décidèrent de fonder leur propre société. Or cela exigeait un financement. Aussi l'un d'entre eux, Eugene Kleiner, écrivit-il à l'agent de change de son père, qui était employé par la vénérable banque de courtage de Wall Street Hayden, Stone & Co. Après avoir décrit leurs références, Kleiner déclarait : « Nous croyons pouvoir lancer une société dans l'industrie des semi-conducteurs dans un délai de trois mois. » La lettre atterrit sur le bureau d'Arthur Rock, un analyste financier de trente ans qui réussissait des investissements risqués depuis son passage à la Harvard Business School. Rock convainquit son patron, Bud Coyle, qu'il valait la peine de faire un tour sur la côte Ouest pour se renseigner⁷².

Lorsque Rock et Coyle rencontrèrent les sept rebelles au Clift Hotel de San Francisco, ils trouvèrent qu'il manquait quelque chose : un chef. Aussi pressèrent-ils les rebelles de recruter Noyce, qui résistait parce qu'il se sentait engagé vis-à-vis de Shockley. Moore réussit finalement à le persuader de participer à la réunion suivante. Rock fut impressionné : « Dès que j'ai vu Noyce, j'ai été frappé par son charisme, et c'était clair pour moi qu'il était leur chef naturel. Ils s'en remettaient à lui⁷³. » Lors de cette réunion, les membres du groupe, Noyce compris, s'engagèrent à partir tous ensemble pour fonder une nouvelle société. Coyle produisit quelques coupures toutes neuves d'un dollar, qu'ils signèrent en guise de contrat symbolique entre eux.

Il était difficile de trouver de l'argent, surtout en s'adressant à des établissements traditionnels. L'idée d'accorder un capital initial à des start-up n'était pas encore bien acceptée ; cette importante innovation devrait attendre, comme nous le verrons, le jour où Noyce et Moore se lanceraient dans une nouvelle aventure. Aussi recherchèrent-ils le patronage d'une entreprise qui pourrait les intégrer sous la forme d'une division semi-autonome, comme Beckman l'avait fait avec Shockley. Les jours suivants, les conspirateurs épluchèrent les

colonnes du *Wall Street Journal* et dressèrent une liste de trente-cinq firmes susceptibles de les adopter. Rock commença à les contacter quand il rentra à New York, mais sans résultat : « Aucune n'était disposée à s'adjoindre une division séparée. Elles avaient l'impression que cela causerait des problèmes à leurs propres employés. Nous faisons ça depuis deux mois et étions sur le point d'abandonner lorsque quelqu'un a suggéré que je voie Sherman Fairchild⁷⁴. »

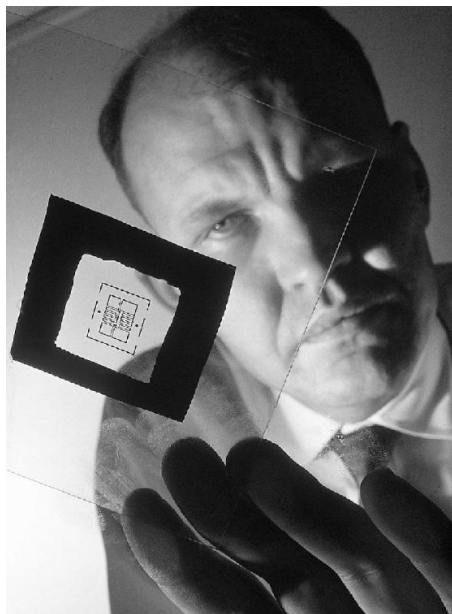
C'était un bon choix. Fairchild, propriétaire de Fairchild Camera and Instrument, était un inventeur, un play-boy, un chef d'entreprise et le plus gros actionnaire individuel d'IBM, dont son père avait été le cofondateur. Grand bricoleur devant l'éternel, il avait inventé le premier appareil photo avec flash synchronisé quand il était en première année à Harvard. Continuant sur cette lancée, il développa la photographie aérienne, les radars filmeurs, des avions spécialisés, des méthodes pour éclairer les courts de tennis, des magnétophones à grande vitesse, des lithotypes pour imprimer les journaux, des machines à graver en couleur et une allumette résistant au vent. Il ajouta ainsi une seconde fortune à son héritage, et il la dépensait avec autant d'allégresse qu'il l'avait accumulée. Il fréquentait le Club 21 et la boîte de nuit El Morocco de Manhattan avec (pour citer le magazine *Fortune*) « une nouvelle jolie fille tous les trois ou quatre jours comme une nouvelle fleur à sa boutonnière » ; il fit lui-même les plans de sa maison futuriste de l'Upper East Side – murs en verre et rampes surplombant un jardin en atrium avec des rochers revêtus de céramique verte⁷⁵.

Fairchild fournit sans se faire prier 1,5 million de dollars pour démarrer la nouvelle société – soit environ deux fois plus que ce que les huit fondateurs avaient jugé indispensable –, en échange d'une option : si la société s'avérait être un succès, il pourrait la racheter en bloc pour 3 millions de dollars.

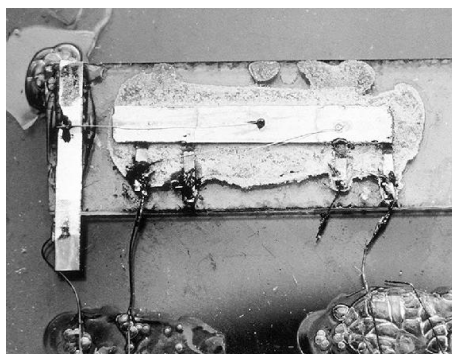
Surnommés « les huit traîtres », Noyce et sa bande s'installèrent pas très loin de chez Shockley à la périphérie de Palo Alto. Shockley Semiconductor ne s'en remit jamais. Six ans plus tard, Shockley jeta l'éponge et rejoignit le corps enseignant de Stanford. Sa paranoïa s'aggrava, et il devint obsédé par l'idée que les Noirs étaient génétiquement inférieurs en termes de QI et qu'il fallait les décourager d'avoir des enfants. Le génie qui avait élaboré le concept du transistor et amené les gens dans la terre promise de Silicon Valley devint un paria qui ne pouvait plus faire cours sans se faire chahuter.

Les huit traîtres qui fondèrent Fairchild Semiconductor, en revanche, étaient les gens qu'il fallait, là où il fallait et quand il fallait. La demande en transistors augmentait à cause des radios de poche que

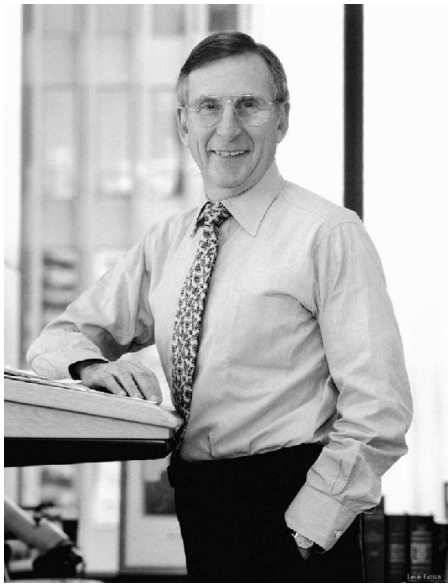
Pat Haggerty avait lancées chez Texas Instruments, et elle allait monter à des hauteurs vertigineuses ; le 4 octobre 1957, trois jours seulement après la fondation de Fairchild Semiconductor, les Soviétiques lancèrent le satellite *Sputnik I*, déclenchant ainsi une course à l'espace avec les États-Unis. Le programme spatial civil et le programme militaire de construction de missiles balistiques impulsèrent la demande, que ce soit pour les ordinateurs ou pour les transistors. Ce qui contribua aussi à assurer que le développement de ces deux technologies soit lié. Comme il fallait que les ordinateurs soient assez petits pour être logés dans l'ogive d'une fusée, il était impératif de trouver comment faire tenir des centaines puis des milliers de transistors dans des composants minuscules.



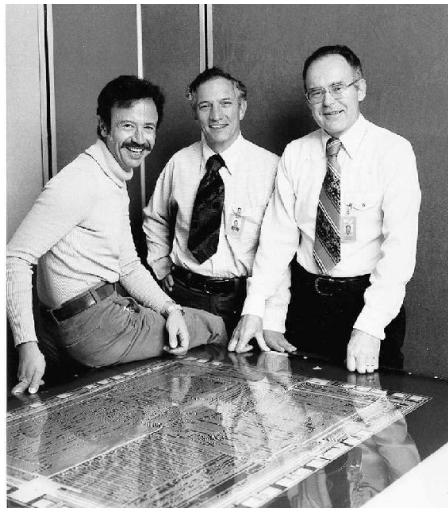
Jack Kilby (1923-2005) chez Texas Instruments en 1965.



Le circuit intégré de Kilby.



Arthur Rock (né en 1926), en 1997.



Andy Grove (né en 1936) avec Noyce et Moore chez Intel en 1978.

*1. Par exemple, ingénieurs et théoriciens découvrirent que le silicium (qui a quatre électrons sur son orbite extérieure) dopé avec du phosphore ou de l'arsenic (qui ont chacun cinq électrons sur leur orbite extérieure) avait des électrons surnuméraires et portait donc une charge négative. Le résultat était ce qu'on appela un semi-conducteur de type N. Le silicium dopé avec du bore (qui a trois électrons sur son orbite extérieure) accusait un déficit d'électrons – il y avait des « trous » là où ils auraient normalement dû être – et portait donc une charge positive, ce qui en faisait un semi-conducteur de type P.

*2. Son fils Fred Terman deviendrait plus tard le célèbre doyen de l'école d'ingénierie et recteur de Stanford.

*3. Une courte vidéo de Shannon et de ses automates jongleurs est visible à l'adresse suivante : <https://www2.bc.edu/~lewbel/shortsha.mov>.

5.

Le circuit intégré

Dans un article écrit pour célébrer le dixième anniversaire du transistor et publié en 1957 juste au moment où Fairchild Semiconductor fut fondé et où *Sputnik I* fut lancé, un cadre des laboratoires Bell identifia un problème qu'il baptisa « la tyrannie des nombres ». Quand le nombre de composants d'un circuit augmentait, le nombre de connexions augmentait beaucoup plus vite. Si un système comportait, par exemple, dix mille composants, il fallait au minimum cent mille petits fils de connexion sur les cartes, soudés à la main la plupart du temps. Pareille méthode ne garantissait guère la fiabilité.

Elle contribua en revanche à susciter une innovation. Le besoin de résoudre ce problème de plus en plus pressant coïncida avec des centaines de menues avancées dans la fabrication des semi-conducteurs. Cette combinaison produisit une invention qui naquit de manière indépendante en deux endroits différents, chez Texas Instruments et chez Fairchild Semiconductor. Le résultat fut un circuit intégré, ou puce électronique.

Jack Kilby

Jack Kilby était encore un de ces gars du Midwest rural qui bricolait dans l'atelier avec son père et construisait des postes radio à ondes courtes¹. « J'ai grandi au milieu des descendants industriels des colons de l'Ouest qui se sont installés dans les Grandes Plaines des États-Unis », déclara-t-il quand il reçut le prix Nobel². Il fut élevé à

Great Bend, au milieu du Kansas, où son père dirigeait une compagnie de fourniture d'électricité. L'été, ils partaient dans la Buick familiale inspecter des centrales hydro-électriques reculées ; quand il y avait une panne, ils rampaient ensemble à l'intérieur pour chercher la source du problème. Pendant un méchant blizzard, ils se servirent d'un poste à ondes courtes pour rester en contact avec des zones où les clients étaient privés de téléphone, et le jeune Kilby fut fasciné par l'importance de pareilles technologies. « C'est pendant une tempête de neige quand j'étais adolescent, confia-t-il à T. R. Reid du *Washington Post*, que j'ai vu pour la première fois comment la radio et, par extension, l'électronique pouvaient véritablement avoir un impact sur la vie des gens en les maintenant informés et connectés, et en leur donnant de l'espoir³. » Il étudia pour décrocher sa licence de radioamateur et continua d'améliorer son matériel en utilisant des composants de récupération.

Refusé par le MIT, il s'inscrivit à l'université de l'Illinois, interrompant ses études après Pearl Harbor pour rejoindre la Marine. Affecté à un atelier de réparation radio en Inde, il fit des expéditions à Calcutta pour acheter au marché noir des composants avec lesquels, opérant sous une tente canadienne, il améliorait émetteurs et récepteurs. C'était un aimable garçon au grand sourire, à la fois décontracté et taciturne. Sa particularité était son insatiable curiosité pour les inventions. Il commença par lire le texte de tous les nouveaux brevets : « Vous lisez tout – ça fait partie du boulot. Vous accumulez toute cette masse de détails en espérant qu'un jour, peut-être, il s'en trouvera un millionième d'utile⁴. »

Il eut son premier emploi à Centralab, une firme de Milwaukee qui fabriquait des composants électriques. Centralab testait des méthodes pour combiner les composants utilisés dans les prothèses auditives sur une base unique en céramique, sorte de grossier précurseur de l'idée du circuit intégré. En 1952, Centralab fut l'une des sociétés qui déboursa vingt-cinq mille dollars pour une licence de fabrication de transistors, bénéficiant ainsi de la volonté de Bell de partager ses connaissances. Kilby participa à un séminaire de deux semaines aux laboratoires Bell – logé avec des dizaines de confrères dans un hôtel de Manhattan et emmené tous les matins en bus à Murray Hill –, qui comprenait des séances approfondies sur la conception des transistors, un stage pratique en laboratoire et des visites d'un atelier de fabrication. Bell envoya aux participants trois volumes d'articles techniques. Avec leur extraordinaire volonté de proposer à un prix modique les licences de leurs brevets et de partager leurs connaissances, les laboratoires Bell jetèrent les bases de la révolution numérique, quand bien même ils n'en tirèrent pas tous les bénéfices.

Pour être à l'avant-garde du développement du transistor, Kilby se rendit compte qu'il avait besoin de travailler dans une société plus importante. Après avoir soupesé diverses propositions, il décida à l'été 1958 d'entrer chez Texas Instruments, où il travaillerait avec Pat Haggerty et sa brillante équipe de recherche sur le transistor emmenée par Willis Adcock.

Chez Texas Instruments, tout le monde devait prendre les deux mêmes semaines de vacances en juillet. Lorsque Kilby débarqua à Dallas sans ancienneté et donc sans le moindre jour de congé à valider, il fut l'une des rares personnes présentes dans le laboratoire des semi-conducteurs. Ce qui lui donna le temps de réfléchir à ce qu'on pourrait faire avec le silicium, à part le transformer en transistors.

Il savait que si on créait un fragment de silicium sans aucune impureté, il fonctionnerait comme une simple résistance. Il se rendit compte qu'il existait aussi une méthode pour faire agir une jonction N-P dans une plaque de silicium comme une résistance, ce qui signifiait qu'elle pourrait stocker une petite charge électrique. En fait, on pouvait fabriquer n'importe quel composant électrique à partir du silicium différemment traité. À partir de là, il trouva ce qu'on appellerait « l'idée monolithique » : on pourrait fabriquer tous ces composants dans une seule plaque monolithique de silicium, éliminant ainsi le besoin de connecter par soudure les différents composants d'un circuit sur une carte. En juillet 1958, six mois avant que Noyce couche sur le papier une idée similaire, Kilby la décrivit dans son carnet de labo en une phrase qui serait reprise dans sa citation du prix Nobel : « Les éléments suivants du circuit pourraient être faits sur une tranche unique : résistances, condensateurs, condensateurs à répartition, transistors. » Ensuite il dessina quelques croquis rudimentaires sur la manière de construire ces composants en configurant des sections du silicium qui avaient été dopées par des impuretés afin d'avoir diverses propriétés sur une plaque unique.

Lorsque son patron, Willis Adcock, rentra de vacances, il ne fut pas entièrement convaincu que ce serait une solution pratique. Il y avait d'autres choses à faire au laboratoire, apparemment plus pressantes. Mais il conclut un marché avec Kilby : s'il réussissait à fabriquer un condensateur et une résistance fonctionnels, Adcock autoriserait un effort pour construire un circuit complet sur une seule puce.

Tout se passa comme prévu, et en septembre 1958 Kilby prépara une démonstration similaire dans sa mise en scène à celle orchestrée par Bardeen et Brattain pour leurs supérieurs aux laboratoires Bell onze ans plus tôt. Sur une puce de silicium de la taille d'un petit cure-

dent, Kilby assembla les composants qui devaient théoriquement constituer un oscillateur. Sous les yeux d'un groupe de cadres, dont le P-DG de la société, un Jack Kilby tendu connecta le minuscule circuit à un oscilloscope. Il regarda Adcock, qui haussa les épaules comme pour dire « Il ne se passe rien ». Lorsqu'il appuya sur un bouton, des ondes défilèrent sur l'écran de l'oscilloscope, comme il le fallait. « Tout le monde s'est fendu d'un grand sourire, raconte T. R. Reid. Une ère nouvelle de l'électronique avait commencé.⁵ »

Ce dispositif n'était pas des plus élégants. Dans les modèles que Kilby construisit en cet automne 1958, il y avait beaucoup de minuscules fils d'or pour connecter certains des composants à l'intérieur de la puce. Ça ressemblait un rameau de silicium hérissé de toiles d'araignées de luxe. Ce montage n'était pas seulement disgracieux : il était aussi sans utilité pratique. Il n'y aurait pas moyen de le fabriquer en grande série. C'était néanmoins le premier circuit intégré.

En mars 1959, quelques semaines après avoir déposé une demande de brevet, Texas Instruments annonça sa nouvelle invention, qu'elle désigna par le terme de « circuit solide ». La société en exposa également quelques prototypes avec force fanfares et roulements de tambour au congrès annuel de l'Institut des ingénieurs radio à New York. Le président de la société déclara que cette invention serait la plus importante depuis celle du transistor. Ce qui semblait une hyperbole, mais c'était une litote.

L'annonce de Texas Instruments fit l'effet d'un coup de tonnerre chez Fairchild. Noyce, qui avait tiré les plans de sa propre version du concept deux mois plutôt, fut déçu d'avoir été devancé dans cette affaire et redouta l'avantage compétitif que Texas Instruments pourrait en tirer.

La version de Noyce

Souvent des chemins différents mènent à la même innovation. Noyce et ses collègues de chez Fairchild étaient partis dans une autre direction pour explorer la possibilité d'un circuit intégré. Tout commença lorsqu'ils se heurtèrent à un problème gênant : leurs transistors ne marchaient pas très bien. Trop d'entre eux tombaient en panne. Un minuscule grain de poussière ou même l'exposition à certains gaz pouvaient les faire expirer. Il en était de même avec un petit choc.

Jean Hoerni, un physicien de chez Fairchild qui était l'un des huit traîtres, trouva une ingénieuse parade. À la surface d'un transistor en

silicium, il plaçait une fine couche d'oxyde de silicium, comme le glaçage sur un gâteau, qui protégerait le silicium sous-jacent. « La constitution d'une couche d'oxyde [...] à la surface du transistor, écrivait-il dans son carnet, protégera de la contamination les jonctions qui autrement seraient exposées⁶. »

Cette méthode fut surnommée « le processus planaire » à cause de la couche plane d'oxyde appliquée sur le silicium. En janvier 1959, c'est-à-dire après que Kilby eut trouvé ses idées, mais avant qu'il ne les ait fait breveter ou même ne les ait annoncées, Hoerni eut une autre « épiphanie » en prenant sa douche un matin : de minuscules fenêtres pourraient être gravées dans cette couche d'oxyde protectrice pour que les impuretés soient diffusées en des endroits précis afin de créer les propriétés désirées des semi-conducteurs. Noyce adora cette idée de « construire un transistor à l'intérieur d'un cocon... [comme si] on installait une salle d'opération dans la jungle : on met le patient à l'intérieur d'un sac en plastique, on opère là-dedans, et on n'a pas toutes les mouches de la jungle qui se posent sur la plaie⁷. »

Le rôle des conseils en propriété industrielle est de protéger par des brevets les bonnes idées, mais parfois ils les stimulent aussi. Le processus planaire en est devenu un exemple. Noyce demanda à John Ralls, le juriste spécialisé de chez Fairchild, de préparer une demande de brevet. Ralls commença donc à interroger Hoerni, Noyce et leurs collègues : quelles étaient les applications pratiques de ce processus planaire ? Ralls les sondait pour obtenir la gamme la plus large possible d'usages potentiels à citer dans la demande de brevet. « Le défi lancé par Ralls, raconte Noyce, c'était "Qu'est-ce qu'on peut faire d'autre avec ces idées dans le cadre de la protection des brevets⁸ ?" »

À l'époque, l'idée de Hoerni était simplement conçue pour fabriquer un transistor fiable. Il n'était pas encore venu à l'esprit de l'équipe que le processus planaire avec ses minuscules fenêtres puisse être utilisé pour autoriser la gravure de nombreux types de transistors et d'autres composants sur une plaque unique de silicium. Mais le questionnement persistant de Ralls fit réfléchir Noyce, et il passa un certain temps en ce même mois de janvier 1959 à échanger des idées avec Moore, idées qu'il écrivait au tableau noir et qu'il notait dans son carnet.

Noyce se rendit d'abord compte que le processus planaire pourrait éliminer les minuscules fils qui dépassaient de chaque couche (ou tranche) du transistor. À leur place, de petites lignes de cuivre pourraient être imprimées à la surface de la couche d'oxyde. Ce qui rendrait la fabrication des transistors plus rapide et plus fiable. Et qui conduisit à l'intuition suivante de Noyce : si on utilisait ces fils de

cuivre imprimés pour connecter les différentes régions d'un transistor, on pouvait aussi les utiliser pour connecter deux ou plusieurs transistors siégeant sur la même plaque de silicium. Le processus planaire avec sa technique des fenêtres permettait de diffuser les impuretés de façon que de multiples transistors puissent être placés sur la même puce, et les fils de cuivre imprimés pouvaient les connecter pour faire un circuit. Noyce entra dans le bureau de Moore et lui dessina son idée au tableau noir.

Noyce était un paquet d'énergie volubile, Moore était l'interlocuteur sur lequel il testait ses idées – taciturne, mais inspiré – et ils se complétaient bien. L'étape suivante était facile : la même puce pouvait aussi contenir des composants variés tels que des condensateurs et les résistances. Noyce griffonna au tableau noir la méthode par laquelle une petite section de silicium pur pouvait servir de résistance ; quelques jours plus tard, il dessina un schéma montrant comment faire un condensateur en silicium. Les petites lignes métalliques imprimées à la surface de l'oxyde pouvaient intégrer tous ces composants en un circuit. « Je ne me rappelle pas l'instant précis où l'ampoule s'est éteinte et où tout était là, admettait Noyce. C'était plutôt du genre... tous les jours, on se disait "bon, si je peux faire ceci, alors peut-être que pourrais faire cela, et ça pourrait me permettre de faire ceci", et à la fin on avait le concept⁹. » Après cette débauche d'activité, il écrivit dans son carnet en janvier 1959 : « Il serait souhaitable de fabriquer des composants multiples sur une seule plaque de silicium¹⁰. »

Noyce avait trouvé le concept du circuit intégré indépendamment de Kilby (et quelques mois après lui), et ils y étaient parvenus chacun d'une manière différente. Kilby essayait de résoudre le problème de la tyrannie des nombres en créant des circuits dotés de nombreux composants qui n'avaient pas besoin d'être connectés par des soudures. Noyce était principalement motivé par le désir de tester toutes les bonnes recettes qu'il pourrait tirer du processus planaire de Hoerni. Il y avait une autre différence, d'ordre pratique celle-ci : la version de Noyce n'était pas hérissée d'encombrantes toiles d'araignée.

Protéger les découvertes

Les brevets représentent une source de tension inévitable dans l'histoire de l'invention, et en particulier à l'ère numérique. Les innovations ont tendance à se concrétiser à partir de la collaboration et en prolongeant les travaux d'autres chercheurs, aussi est-il difficile d'attribuer avec précision la propriété des idées ou les droits de propriété intellectuelle. À l'occasion, cette attitude est glorieusement dépassée quand un groupe d'innovateurs conviennent de s'engager

dans un processus d'open source qui permet aux fruits de leur créativité d'être dans le domaine public. Plus souvent, toutefois, un innovateur exige que son mérite soit reconnu. Parfois, c'est par égocentrisme, comme lorsque Shockley manœuvra pour que son nom figure sur les brevets relatifs aux transistors. D'autres fois, c'est pour des raisons financières, surtout quand sont concernées des sociétés comme Fairchild et Texas Instruments qui ont besoin de récompenser les investisseurs afin de disposer du capital initial pour continuer à produire des inventions.

En janvier 1959, les juristes et les cadres de Texas Instruments commencèrent à s'activer pour déposer d'urgence une demande de brevet relative au concept du circuit intégré formulé par Jack Kilby – non parce qu'ils savaient ce que Bob Noyce était en train de noter dans son carnet, mais à cause de rumeurs selon lesquelles RCA aurait trouvé la même idée. Ils décidèrent de viser une définition très large, stratégie qui comportait un risque, puisque les propriétés revendiquées pourraient être plus facilement contestables, comme ç'avait été le cas pour la définition généraliste déclarée par Mauchly et Eckert dans leur brevet sur l'ordinateur. Mais si le brevet était accordé, il servirait d'arme offensive contre quiconque essaierait de fabriquer un produit similaire. L'invention de Kilby, d'après la demande de brevet, était « un concept de la miniaturisation nouveau et totalement différent ». Bien que cette demande ne décrive que deux des circuits conçus par Kilby, elle affirmait qu'« il n'y a pas de limite à la complexité ni à la configuration des circuits qui peuvent être faits de cette manière ».

Dans leur précipitation, toutefois, les gens de Texas Instruments n'eurent pas le temps de produire des images des diverses méthodes envisageables pour le câblage des composants sur le circuit intégré proposé. Le seul exemple disponible était le modèle de démonstration arachnoïde de Kilby, avec sa broussaille de menus fils en or piqués dans sa plaque. L'équipe de Texas Instruments décida d'utiliser ce « mille-pattes » comme illustration. Kilby avait déjà trouvé qu'il pourrait y avoir une version plus simple utilisant des connexions métalliques imprimées, si bien qu'au dernier moment il dit à ses juristes d'ajouter à la demande de brevet un texte revendiquant ses droits sur ce nouveau concept : « Au lieu d'utiliser les fils en or dans l'établissement des connexions électriques, on peut fournir des connexions par d'autres moyens. Par exemple, [...] on peut faire évaporer de l'oxyde de silicium sur la plaque en semi-conducteur du circuit [...] Un matériau tel que l'or peut ensuite être déposé sur le matériau isolant pour permettre les connexions électriques indispensables. » La demande de brevet fut déposée en février 1959¹¹.

Lorsque Texas Instruments fit son annonce publique le mois suivant,

Noyce et son équipe chez Fairchild se hâtèrent de déposer une demande de brevet concurrente. Cherchant un bouclier pour se protéger des prétentions généralistes de Texas Instruments, les juristes de chez Fairchild se concentrèrent précisément sur ce que la version de Noyce avait de particulier. Ils soulignèrent que le processus planaire, pour lequel Fairchild avait déjà déposé une demande de brevet, autorisait une méthode de circuit imprimé « pour réaliser des connexions électriques vers les diverses régions du semi-conducteur » et « pour rendre les structures unitaires des circuits plus compactes et plus faciles à fabriquer ». Contrairement aux circuits dans lesquels « la connexion électrique doit se faire par l'attachement de fils », déclarait la demande de Fairchild, la méthode de Noyce signifiait que « les lignes de connexion peuvent être déposées en même temps et de la même manière que les contacts eux-mêmes ». Même si Texas Instruments obtenait un brevet pour avoir placé de multiples composants sur une seule puce, Fairchild espérait obtenir un brevet pour avoir établi les connexions via des lignes métalliques imprimées au lieu de fils. Parce que ce procédé serait indispensable pour la production en grande série des circuits intégrés, Fairchild savait que cela lui conférerait une certaine parité au regard de la protection des brevets et forcerait Texas Instruments à accepter un accord réciproque en matière de licence. Fairchild déposa sa demande en juillet 1959¹².

Comme cela s'était déjà produit dans le litige en propriété industrielle dont l'ordinateur avait été l'objet, le système juridique mit des années à se colleter avec la question de savoir qui méritait quel brevet en matière de circuit intégré, et il ne résolut jamais complètement le problème. Les demandes rivales de Texas Instruments et de Fairchild furent confiées à deux examinateurs différents, dont chacun semblait ignorer l'existence de l'autre. Bien que déposée plus tard, la demande de brevet de Noyce fut déclarée antérieure. Elle fut acceptée en avril 1961 et Noyce fut déclaré l'inventeur du circuit intégré.

Les juristes de Texas Instruments déposèrent une « objection de priorité » et soutinrent que Kilby avait eu l'idée le premier. Ce qui conduisit au procès Kilby vs. Noyce, traité par le Bureau des litiges en propriété intellectuelle. Une partie de la procédure consistait à examiner les carnets de chaque inventeur et d'autres témoignages afin de voir qui avait trouvé le premier le concept général ; on s'accordait plus ou moins, y compris du côté de Noyce, pour dire que les idées de Kilby lui étaient venues quelques mois plus tôt. Or il y avait aussi un litige sur la question de savoir si la demande formulée par Kilby couvrait vraiment le processus technologique indispensable qu'était l'impression de lignes métalliques sur la couche d'oxyde (au lieu

d'utiliser un grand nombre de fils minuscules) pour faire un circuit intégré. Ce qui suscita maints arguments contradictoires sur l'expression insérée par Kilby à la fin de sa demande, à savoir qu'un « matériau comme l'or peut ensuite être déposé » sur la couche d'oxyde. Était-ce là un procédé spécifique qu'il avait découvert où une simple hypothèse qu'il avait rajoutée pour faire le poids¹³ ?

En 1964, tandis que le litige s'éternisait, le Bureau des brevets ajouta encore à la confusion en tranchant en faveur de la demande initiale de Kilby – et en l'acceptant. Ce qui donna encore plus d'importance à l'objection de priorité. Ce ne fut qu'en février 1967 que le verdict fut prononcé, et en faveur de Kilby. Huit ans s'étaient écoulés depuis qu'il avait déposé sa demande de brevet, et maintenant Texas Instruments et lui-même étaient déclarés les inventeurs du circuit intégré. Or les choses n'en restèrent pas là. Fairchild fit appel du jugement, et la Cour d'appel fédérale en matière de douanes et de brevets, après audition de tous les arguments et témoignages, trancha en novembre 1969 en sa faveur : « Kilby n'a pas prouvé que le terme "déposé" avait alors [...] ou a ultérieurement acquis une signification dans les arts de l'électronique et des semi-conducteurs qui connote nécessairement l'adhérence¹⁴. » L'avocat de Kilby essaya de faire appel devant la Cour suprême, qui refusa de traiter le procès.

La victoire de Noyce, acquise au bout d'une décennie de décisions contradictoires et au prix de millions de dollars en honoraires d'avocats et frais de justice, s'avéra avoir peu de signification. Le sous-titre du bref article paru dans *Electronic News* était « L'annulation du brevet ne changera pas grand-chose ». À ce stade, les procédures judiciaires avaient presque perdu toute pertinence. Le marché des circuits intégrés avait explosé si rapidement que les commerciaux chez Fairchild et Texas Instruments comprirent que les enjeux étaient trop élevés pour s'en remettre au système judiciaire. Pendant l'été 1966, trois mois avant le jugement définitif, Noyce et ses avocats de chez Fairchild rencontrèrent le président et le conseil en propriété industrielle de Texas Instruments et conclurent un traité de paix. Chacune des deux sociétés reconnaissait à l'autre des droits de propriété intellectuelle sur le circuit intégré et elles convinrent de placer sous licence réciproque tous les droits qu'elles pouvaient avoir. Les autres sociétés seraient obligées de conclure des accords de licence avec elles deux, en leur versant d'ordinaire un droit d'exploitation s'élevant à quatre pour cent environ de leurs bénéfices¹⁵.

Alors qui a inventé le circuit intégré ? Comme pour l'invention de l'ordinateur, la réponse ne peut être simplement déterminée par référence à des décisions de justice. Les avancées quasi simultanées réalisées par Kilby et Noyce montraient que l'ambiance de l'époque

était propice à une telle invention. Et, de fait, beaucoup de chercheurs aux États-Unis et dans le monde, notamment Werner Jacobi chez Siemens en Allemagne et Geoffrey Dummer au Royal Radar Establishment en Grande-Bretagne, avaient auparavant suggéré la possibilité d'un circuit intégré. Ce que firent Noyce et Kilby, en collaboration avec les équipes de leurs sociétés respectives, fut d'identifier des méthodes pratiques pour produire pareil dispositif. Bien que Kilby ait eu quelques mois d'avance quand il trouva un moyen d'intégrer des composants sur une puce, Noyce accomplit quelque chose de plus : il conçut la manière correcte de connecter ces composants. Son montage pouvait être efficacement produit en grande série, et il devint le modèle général des futurs circuits intégrés.

Il y a une leçon éloquente à tirer de la manière dont Kilby et Noyce traitèrent personnellement la question de savoir qui avait inventé le circuit intégré. C'étaient l'un et l'autre des gens raisonnables ; ils venaient de petites communautés soudées du Midwest et étaient bien dans leur peau. Contrairement à Shockley, ils ne souffraient pas d'un mélange toxique d'égoïsme et d'insécurité. Chaque fois qu'on évoquait devant eux la paternité de l'invention, chacun se répandait en éloges sur la contribution de l'autre. On finit par trouver normal de leur attribuer conjointement le mérite de l'invention et de les qualifier de co-inventeurs. Dans un de ses historiques oraux, Kilby grognait : « Ça ne cadre pas avec ma conception d'une invention partagée, mais l'idée a fait son chemin¹⁶. » Toutefois il finit lui aussi par l'accepter et se montra ensuite toujours bienveillant envers Noyce. Lorsque Craig Matsumoto, de l'*Electronic Engineering Times*, l'interrogea sur la controverse bien des années plus tard, « Kilby a couvert Noyce d'éloges et a dit que la révolution des semi-conducteurs est née des travaux de milliers de gens, et non à partir d'un seul brevet¹⁷ ».

Quand on annonça à Kilby qu'il avait obtenu le prix Nobel en 2000, dix ans après la mort de Noyce^{*1}, l'une de ses premières pensées fut pour son collègue. « Je regrette qu'il ne soit plus en vie, dit-il aux reporters. S'il l'était encore, je suppose que nous nous partagerions ce prix. » Quand un physicien suédois le présenta lors de la cérémonie en disant que son invention avait lancé la révolution numérique mondiale, Kilby montra son humilité à toute épreuve : « Quand j'entends ce genre de chose, répondit-il, ça me rappelle ce que le castor disait au lapin quand ils étaient au pied du barrage Hoover : "Non, ce n'est pas moi qui l'ai construit, mais c'est basé sur une idée à moi"¹⁸. » »

Le décollage foudroyant des circuits intégrés

Le premier grand marché pour les circuits intégrés fut l'armée. En 1962, le Strategic Air Command conçut un nouveau missile sol-sol, le Minuteman II, dont chaque exemplaire exigerait deux mille circuits intégrés rien que pour son système de guidage embarqué. Texas Instruments conquist le droit d'être le principal fournisseur. En 1965, sept Minuteman étaient construits chaque semaine, et la Marine achetait elle aussi des puces pour son missile balistique mer-sol Polaris. Avec une sagacité coordonnée qu'on ne trouve pas souvent chez les bureaucrates des acquisitions militaires, les schémas des circuits intégrés furent standardisés. Westinghouse et RCA commencèrent à en fournir eux aussi. Tant et si bien que les coûts ne tardèrent pas à chuter, jusqu'au moment où les circuits intégrés devinrent rentables pour des produits grand public et non plus seulement pour des missiles.

Fairchild vendait lui aussi des puces aux fabricants d'armes, mais il était plus prudent que ses concurrents en ce qui concerne le travail avec les militaires. Dans une relation militaire traditionnelle, un fournisseur travaillait main dans la main avec des officiers en uniforme, qui non seulement géraient les acquisitions, mais aussi dictaient et modifiaient la conception des produits. Noyce estimait que pareils partenariats étouffaient l'innovation : « La direction de la recherche était déterminée par des gens insuffisamment compétents pour voir où elle devait aller¹⁹. »

Il insista pour que Fairchild finance sur ses propres fonds le développement de ses circuits intégrés afin de pouvoir conserver la maîtrise du processus. Si le produit était bon, estimait-il, les fournisseurs travaillant pour l'armée l'achèteraient. C'est ce qui se passa.

Le programme spatial civil des États-Unis fut la deuxième impulsion majeure qui lança la production de puces électroniques. En mai 1961, le président John F. Kennedy déclara : « Je crois que notre pays devrait se fixer pour objectif, avant la fin de cette décennie, d'envoyer un homme sur la Lune et de le ramener sain et sauf sur Terre. » Le programme Apollo avait besoin d'un ordinateur de guidage qui puisse être logé dans l'ogive d'une fusée. Il fut donc conçu dès le départ pour utiliser les circuits intégrés les plus performants qu'on puisse fabriquer. Les soixante-quinze ordinateurs de guidage Apollo qui furent construits contenaient cinq mille puces chacun, toutes identiques, et Fairchild décrocha le contrat pour leur fourniture. Le programme devança de quelques mois seulement l'échéance fixée par Kennedy : en juillet 1969, Armstrong posa le pied sur la Lune. À cette date, le programme Apollo avait déjà acheté plus d'un million de puces.

Les sources massives et prévisibles d'une demande gouvernementale en circuits intégrés contribuèrent à la chute rapide du prix des composants individuels. Le premier prototype de circuit intégré pour l'ordinateur de guidage Apollo coûtait mille dollars. Quand les composants furent mis en production régulière, chacun coûtait vingt dollars. Le prix moyen de chaque puce utilisée dans le missile Minuteman était de cinquante dollars en 1962 ; en 1968, ce n'était plus que deux dollars. Ainsi fut lancé le marché des circuits intégrés pour appareils grand public²⁰.

Les premiers appareils grand public à utiliser des puces électroniques furent les prothèses auditives : il fallait qu'elles soient très petites et elles se vendraient même si elles étaient assez chères. Mais la demande était limitée. Aussi Pat Haggerty, président de Texas Instruments, réitéra-t-il un gambit qui lui avait déjà servi par le passé. L'un des aspects de l'innovation consiste à inventer de nouveaux produits ; un autre est d'inventer des manières de les utiliser qui assurent leur succès. Haggerty et sa société maîtrisaient ces deux aspects. Onze ans après avoir créé un marché gigantesque pour les transistors bon marché en lançant les radios de poche, il chercha comment faire de même avec les circuits intégrés. Il eut l'idée d'une calculatrice de poche.

Au cours d'un trajet en avion en compagnie de Jack Kilby, Haggerty décrivit l'idée dans ses grandes lignes et précisa à Kilby le cahier des charges : fabriquer une calculatrice de poche qui puisse accomplir les mêmes tâches que les vieilles machines coûtant des milliers de dollars qui trônaient dans les bureaux. La rendre assez efficace pour qu'elle puisse fonctionner sur piles, assez petite pour qu'on puisse la mettre dans une poche de chemise et assez bon marché pour qu'elle puisse susciter un achat impulsif. En 1967, Kilby et son équipe produisirent presque ce que Haggerty avait envisagé. La calculatrice n'avait que quatre fonctions (addition, soustraction, multiplication, division), elle était un peu lourde (un kilo environ) et pas vraiment bon marché (cent cinquante dollars)²¹. Mais ce fut un immense succès. Un nouveau marché avait été créé pour un instrument dont les gens ignoraient qu'ils en avaient besoin. Et, suivant une trajectoire inévitable, il ne cessa de devenir plus petit, plus puissant et moins cher. En 1972, le prix d'une calculatrice de poche était déjà descendu à cent dollars, et cinq millions en avaient été vendus. En 1975, le prix était tombé à vingt-cinq dollars et le volume des ventes doublait chaque année. En 2014, une calculette Texas Instruments coûtait trois dollars soixante-deux dans les supermarchés Walmart.

Cette évolution devint le schéma général pour l'électronique. Chaque année, les produits devenaient plus petits, moins chers, plus rapides, plus performants. C'était particulièrement vrai – et important – parce que deux industries étaient en cours de croissance et qu'elles étaient inextricablement liées : l'informatique et les circuits intégrés. « La synergie entre un composant et une nouvelle application générerait une croissance explosive pour les deux à la fois », écrivit plus tard Noyce²². La même synergie s'était manifestée un demi-siècle plus tôt quand l'industrie pétrolière avait progressé en tandem avec l'industrie automobile. C'est une leçon capitale pour l'innovation : comprendre quelles industries sont symbiotiques de façon à profiter de la manière dont elles vont mutuellement s'encourager.

Si quelqu'un pouvait produire une règle concise et exacte pour prédire les tendances, cela aiderait les entrepreneurs et les capitalistes à appliquer cette leçon. Par bonheur, Gordon Moore entra en scène à ce moment-là. Alors que les ventes de circuits intégrés commençaient à monter en flèche, on lui demanda de prédire l'avenir du marché. Son article, intitulé « Entasser plus de composants sur les circuits intégrés », parut dans le numéro d'avril 1965 de la revue *Electronics*.

Moore commençait par un aperçu du futur numérique : « Les circuits intégrés vont conduire à des merveilles comme des ordinateurs individuels – ou, du moins, des terminaux connectés à un ordinateur central –, des commandes automatiques pour les automobiles et des matériels de communication individuels et portables. » Il produisit alors une prédiction encore plus visionnaire et qui le rendrait célèbre : « La complexité pour un coût minimal des composants a augmenté jusqu'ici environ d'un facteur deux chaque année. Il n'y a pas de raison de croire que cela ne demeurera pas relativement constant pour au moins les dix prochaines années²³. »

En clair, il disait que le nombre de transistors qu'on pouvait entasser de manière rentable sur une puce doublait chaque année et qu'il s'attendait à ce que cela continue ainsi pendant les dix années suivantes. L'un de ses amis, professeur à Caltech, baptisa cette « loi de Moore » et la rendit publique. En 1975, quand les dix ans se furent écoulés, Moore vit sa prédiction confirmée. Il modifia alors sa loi en divisant par deux le taux de croissance prévu, et prédit qu'à l'avenir le nombre de transistors entassés sur un circuit intégré « doublerait tous les deux ans plutôt que tous les ans ». Un collègue, David House, proposa une autre modification, utilisée parfois aujourd'hui, selon laquelle la « performance » de la puce doublerait tous les dix-huit mois en raison de la puissance de calcul accrue associée au nombre croissant de transistors à entasser. La formulation de Moore

accompagnée de ses variantes s'avéra utile au moins tout au long du demi-siècle subséquent, et elle contribua à rendre compte de l'une des plus grandes flambées d'innovation et de création de richesses de l'Histoire.

La loi de Moore devint plus qu'une simple prédiction. C'était aussi un objectif pour l'industrie, ce qui en fit pour ainsi dire une prédiction auto-réalisée. Le premier exemple de ce phénomène date de 1964, au moment où Moore formulait sa loi. Noyce décida que Fairchild vendrait à perte ses puces les plus simples. Moore appela cette stratégie « la contribution méconnue de Bob à l'industrie des semi-conducteurs ». Noyce savait que des composants très bon marché pousseraient les fabricants de matériel électronique à incorporer des circuits intégrés à leurs nouveaux produits. Il savait aussi que ce bas prix stimulerait la demande, la production en grande série et des économies d'échelle, ce qui transformerait la loi de Moore en une réalité²⁴.

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, Fairchild Camera and Instrument décida d'exercer son droit à racheter Fairchild Semiconductor en 1959. Ce qui enrichit les huit fondateurs, mais sema les germes de la discorde. Les cadres de la société, basés sur la côte Est, dénièrent à Noyce le droit de distribuer des actions aux ingénieurs méritants récemment recrutés et siphonnèrent les bénéfices de la division semi-conducteurs pour financer des investissements moins réussis dans des domaines plus terre à terre tels que les caméras pour films d'amateur et les machines à affranchir.

Il y avait aussi des problèmes internes à Palo Alto. Des ingénieurs commencèrent à faire défection, ensemençant Silicon Valley avec ce qu'on appellerait les « *Fairchildren* » : des sociétés qui germèrent à partir des spores disséminées par Fairchild. La plus remarquable naquit en 1961, lorsque Jean Hoerni et trois des autres transfuges quittèrent Fairchild pour rejoindre une start-up, financée par Arthur Rock, qui devint Teledyne. D'autres suivirent, et en 1968 Noyce lui-même était déjà prêt à partir. Il n'avait pas été retenu pour le poste de direction suprême chez Fairchild, ce qui l'agaçait, mais il se rendit compte également qu'il ne le désirait pas vraiment. Fairchild, la société tout entière et même la division semi-conducteurs à Palo Alto, étaient devenues trop grosses et trop bureaucratiques. Noyce tenait à abandonner certaines responsabilités de gestion et à se rapprocher de l'ambiance du labo.

« Et si on créait une nouvelle entreprise ? proposa-t-il à Moore un jour.

— Je me plais ici », répondit Moore²⁵. Ils avaient contribué à créer la culture du monde high-tech de la Californie, dans laquelle on quittait des entreprises établies pour en fonder de nouvelles. Mais à présent qu'ils avaient tous les deux atteint la quarantaine, Moore n'avait plus envie de sauter du toit en deltaplane. Noyce insista. Finalement, tandis que l'été 1968 approchait, il dit carrément à Moore qu'il partait. « Il avait le chic pour vous pousser à vouloir faire le grand saut avec lui, dirait plus tard Moore en riant. Alors j'ai fini par dire : "O.K., on y va"²⁶. »

« [La société] n'a cessé de s'agrandir et j'ai pris de moins en moins de plaisir à mon travail quotidien, écrivait Noyce dans la lettre de démission qu'il adressa à Sherman Fairchild. Peut-être est-ce, en partie, parce que j'ai grandi dans une petite ville et apprécié toutes les relations personnelles possibles dans une petite ville. Nous employons à présent deux fois la population totale de la plus vaste de mes "villes natales". » Son désir était de « [se] rapprocher encore une fois de la technologie de pointe²⁷ ».

Lorsque Noyce appela Arthur Rock, l'organisateur du montage financier qui avait lancé Fairchild Semiconductor, Rock lui demanda immédiatement : « Pourquoi avoir attendu si longtemps²⁸ ? »

Arthur Rock et le capital-risque

Au cours des onze années écoulées depuis qu'il avait préparé le marché permettant aux huit traîtres de fonder Fairchild Semiconductor, Arthur Rock avait contribué à édifier quelque chose qui serait destiné à être aussi important pour l'ère numérique que le circuit intégré : le capital-risque.

Pendant une grande partie du xx^e siècle, le capital-risque et l'investissement d'actionnaires privés dans de nouvelles entreprises étaient principalement l'apanage de quelques familles fortunées, telles que les Vanderbilt, les Rockefeller, les Whitney, les Phipps, les Warburg. Après la Seconde Guerre mondiale, un grand nombre de ces clans mirent sur pied des établissements pour institutionnaliser ces opérations. John Hay « Hock » Whitney, héritier de multiples fortunes familiales, recruta Benno Schmidt Sr pour créer J. H. Whitney & Co, qui se spécialisa dans ce qu'ils appelèrent à l'origine « *adventure capital* » (qui deviendrait *venture capital*), dont le but était de financer des entrepreneurs qui avaient des idées intéressantes mais ne pouvaient obtenir de prêts bancaires. Les six fils et l'une des filles de John D. Rockefeller Jr, emmenés par Laurence Rockefeller, créèrent une firme similaire, qui finirait par devenir Venrock Associates. Cette

même année 1946 vit aussi la naissance de la société la plus influente, fondée sur le sens des affaires plutôt que sur la fortune familiale : l'American Research and Development Corporation (ARDC). Elle fut créée par Georges Doriot, un ancien doyen de la Harvard Business School, en partenariat avec un ancien président du MIT, Karl Compton. L'ARDC tira le gros lot en investissant dans la start-up Digital Equipment Corporation ou DEC, dont la valeur serait multipliée par cinq cents lorsque la société fut cotée en Bourse onze ans plus tard²⁹.

Arthur Rock transplanta ce concept sur la côte Ouest, inaugurant ainsi l'ère du silicium pour le capital-risque. Quand il avait réuni les huit traîtres de Noyce et Fairchild Camera, Rock et sa société avaient pris une participation dans l'affaire. Ensuite, il se rendit compte qu'il pourrait lever des fonds et traiter des opérations similaires sans se reposer sur un parrainage unique. Il avait une formation de chercheur en économie, l'amour de la technologie, une maîtrise intuitive des affaires et avait rendu heureux pas mal d'investisseurs de la côte Est. « L'argent était sur la côte Est, mais les sociétés intéressantes étaient en Californie, alors j'ai décidé de passer à l'Ouest en sachant que je pourrais les mettre en rapport », résumait-il³⁰.

Fils d'immigrants russes juifs, Rock grandit à Rochester, dans l'État de New York, où il travailla comme serveur de sodas dans la confiserie de son père et développa une bonne intuition psychologique. L'une de ses maximes clés en matière d'investissement était de parier plutôt sur les gens que sur les idées. En plus d'examiner des projets de financement, il menait des entretiens personnels décisifs avec les demandeurs. « Je crois si fortement en la personnalité des gens que je pense que leur parler est beaucoup plus important que comprendre précisément sur ce qu'ils veulent faire », expliquait-il. Extérieurement, il se cachait sous le masque du grincheux, avec un style bourru et taciturne. Mais ceux qui examinaient assez attentivement son visage pouvaient comprendre à la lueur dans ses yeux et l'ombre d'un sourire qu'il aimait les gens et avait un chaleureux sens de l'humour.

Quand il arriva à San Francisco, il fut présenté à Tommy Davis, un négociateur à la langue bien pendue qui investissait pour le compte de Kern County Land Co., un empire du bétail et du pétrole littéralement cousu d'or. Ils se mirent en affaires ensemble sous le nom de Davis & Rock, levèrent cinq millions de dollars chez les investisseurs de Rock sur la côte Est (et aussi chez certains des fondateurs de Fairchild), et commencèrent à financer de nouvelles sociétés en échange de paquets d'actions. Le doyen de Stanford, Fred Terman, qui cherchait encore à renforcer les liens de son université avec le boom technologique en voie d'apparition, encouragea ses professeurs d'ingénierie à prendre le

temps de conseiller Rock, qui suivit des cours du soir en électronique à l'université. Deux de ses premiers paris visèrent Teledyne et Scientific Data Systems, qui tous les deux lui rapportèrent un beau pactole. À l'époque où Noyce fit appel à lui pour trouver une stratégie de sortie de Fairchild en 1968, le partenariat entre Rock et Davis s'était dissous à l'amiable (leurs investissements avaient été multipliés par trente en sept ans) et il était à son compte.

« Si je voulais créer une entreprise, demanda Noyce, vous pourriez me trouver l'argent ? » Rock l'assura que ce serait facile. Qu'est-ce qui pouvait mieux coller à sa théorie – « miser sur les jockeys », c'est-à-dire investir en fondant son jugement sur les gens à la tête de la société – qu'une entreprise qui serait dirigée par Robert Noyce et Gordon Moore ? C'est à peine s'il demanda ce qu'ils allaient fabriquer, et au début il ne pensait même pas qu'ils avaient besoin de présenter un projet commercial ou une description de la société. « C'est le seul investissement que j'aie jamais fait dont j'étais à cent pour cent sûr qu'il réussirait », affirma-t-il plus tard³¹.

Quand il avait cherché un refuge pour les huit traîtres en 1957, il avait détaché une feuille de son bloc-notes, y avait écrit une liste de noms numérotés et les avait appelés chacun à tour de rôle, barrant les noms à mesure qu'il progressait sur la liste. À présent, onze ans plus tard, il prit une autre feuille de papier et dressa la liste des gens qui seraient invités à investir avec pour chacun le nombre d'actions^{*2} à cinq dollars pièce sur les cinq cent mille disponibles qu'il était disposé à leur offrir. Cette-fois ci, il ne barrerait qu'un seul nom (« Johnson de chez Fidelity^{*3} » n'était pas dans le coup). Rock eut besoin d'une deuxième feuille pour revoir la répartition parce que la plupart des gens voulaient investir plus que ce qu'il leur proposait. Il lui fallut moins de deux jours pour réunir les fonds. Les heureux investisseurs comprenaient Arthur Rock lui-même, Robert Noyce, Gordon Moore, Grinnell College (Noyce voulait l'enrichir et il y parvint), Laurence Rockefeller, Fayez Sarofim, condisciple de Rock à Harvard, Max Palevsky de Scientific Data Systems, l'ancienne banque d'investissement de Rock, Hayden, Stone & Co. Et surtout, Rock donnait une chance d'investir aux six autres membres de la bande des huit traîtres, dont beaucoup travaillaient désormais dans des sociétés qui allaient forcément être en concurrence avec la nouvelle. Tous le firent.

Juste au cas où quelqu'un aurait voulu un prospectus, Rock dactylographia lui-même en trois pages et demie une description de la société proposée. Elle commençait par présenter Noyce et Moore puis donnait en trois phrases un aperçu sommaire des « technologies du transistor » que la société allait développer. « Les juristes ont pourri le

capital-risque en nous forçant à écrire des vrais bouquins de présentation qui étaient si longs, si complexes et si soigneusement contrôlés que ça tient de la rigolade, déplora Rock plus tard en extrayant les pages en question de son classeur. Tout ce que j'ai eu à dire aux gens, c'était que c'était Noyce et Moore. Ils n'avaient pas besoin d'en savoir beaucoup plus³². »

Le premier nom que Noyce et Moore choisirent pour leur nouvelle société fut NM Electronics, leurs initiales. Ce n'était pas très excitant. Après maintes suggestions peu élégantes – dont Electronic Solid State Computer Technology Corp. –, ils se décidèrent finalement pour Integrated Electronics Corp. Ce n'était pas très excitant non plus, mais avait l'avantage de pouvoir être abrégé en Intel. Ce qui sonnait bien. C'était astucieux et élitiste à bien des égards.

Le style Intel

Les innovations se présentent sous des formes très diverses. La plupart de celles qui figurent dans ce livre sont des dispositifs physiques, tels que l'ordinateur et le transistor, et des processus qui leur sont associés, comme la programmation, les logiciels et le réseautage. Tout aussi importantes sont les innovations qui produisent de nouveaux services, tel le capital-risque, et celles qui créent des structures organisationnelles pour la recherche et le développement, tels les laboratoires Bell. Mais la présente section concerne un type différent de création. Il naquit chez Intel une innovation qui a eu presque autant d'impact sur l'ère numérique que l'une ou l'autre de celles mentionnées ci-dessus. Ce fut l'invention d'une culture d'entreprise et d'un style de gestion qui étaient l'antithèse de l'organisation hiérarchique des sociétés de la côte Est.

Les racines de ce style, comme beaucoup de choses qui se produisirent à Silicon Valley, se trouvaient chez Hewlett-Packard. Pendant la Seconde Guerre mondiale, tandis que Bill Hewlett était dans l'armée, Dave Packard dormait fréquemment sur un lit de camp et jonglait avec trois équipes d'employés, dont beaucoup étaient des femmes. Il avait compris, d'abord par nécessité, que cela contribuait à donner à ses subordonnés des horaires flexibles et pas mal de liberté d'action dans la manière d'atteindre leurs objectifs. La hiérarchie avait été mise à plat. Dans les années 1950, cette démarche fusionna avec le mode de vie décontracté de la Californie pour créer une culture qui proposait des soirées-bière le vendredi, des horaires flexibles et des distributions d'actions³³.

Robert Noyce porta cette culture au stade supérieur. Pour

comprendre son style de gestion, il est utile de se rappeler qu'il naquit et fut élevé dans une famille congrégationaliste. Son père et ses deux grands-pères étaient pasteurs d'une Église contestataire qui rejetait en principe la hiérarchie et tout ce qu'elle implique. Les Puritains avaient purgé l'église de toute pompe, supprimé les niveaux d'autorité, allant même jusqu'à éliminer les chaires surélevées, et ceux qui répandirent cette doctrine non conformiste dans les Grandes Plaines, avec, parmi eux, les Congrégationalistes, étaient tout autant hostiles aux distinctions hiérarchiques.

Il n'est pas inutile non plus de rappeler que, depuis le début de ses études universitaires, Noyce adorait chanter des madrigaux. Tous les mercredis soir, il participait aux répétitions de sa chorale, qui comptait douze membres. Les madrigaux ne font pas appel aux solistes ; le chant polyphonique tisse ensemble des voix et des mélodies multiples, dont aucune n'est dominante. « Votre rôle dépend [de celui des autres et] et il soutient toujours les autres³⁴ », expliqua un jour Noyce.

Gordon Moore était de même sans prétention, peu autoritaire, ennemi de la confrontation et insensible aux attraits et avantages du pouvoir. Ils se complétaient bien. Noyce était l'extraverti : il pouvait éblouir un client avec l'effet de halo qui l'accompagnait depuis l'enfance. Moore, toujours mesuré et réfléchi, aimait être au labo et savait comment guider les ingénieurs avec de subtiles questions ou (flèche la plus acérée de son carquois) un silence étudié. Noyce excellait dans la vision stratégique et pouvait saisir une vue d'ensemble ; Moore comprenait les détails, en particulier au niveau de la technologie et de l'ingénierie.

C'était donc des partenaires idéaux, sauf sous un certain angle : avec leur aversion partagée de la hiérarchie et leur réticence à être autoritaires, ni l'un ni l'autre n'étaient des décideurs. À cause de leur désir d'être aimés, ils répugnaient à être durs avec les autres. Ils guidaient les gens sans les forcer. S'il y avait un problème ou – que le ciel les en préserve ! – un désaccord, ils n'aimaient pas s'y confronter. Alors ils l'ignoraient.

Et c'est ici qu'intervient Andy Grove.

Grove, né András Gróf à Budapest, ne venait pas d'un milieu congrégationaliste porté sur le madrigal. Juif d'Europe centrale, il grandit au moment de la montée du fascisme et apprit de brutales leçons en matière d'autorité et de pouvoir. Il avait huit ans quand les nazis s'emparèrent de la Hongrie ; son père fut envoyé en camp de concentration, András et sa mère furent forcés d'emménager dans un appartement surpeuplé imposé aux Juifs. Quand il sortait, il fallait

qu'il porte l'étoile jaune. Un jour qu'il était malade, sa mère réussit à convaincre une amie non juive de lui apporter des ingrédients pour faire une soupe, ce qui conduisit à l'arrestation de sa mère et de son amie. Lorsqu'elle fut libérée, András et elle prirent une fausse identité et purent se cacher chez des amis. La famille fut réunie après la guerre, mais les communistes prirent alors le pouvoir. À vingt ans, Grove décida de fuir en Autriche. Comme il le raconta dans ses mémoires *La Frontière à la nage*, « à vingt ans, j'avais déjà subi une dictature fasciste hongroise, l'occupation militaire allemande, la solution finale des nazis, le siège de Budapest par l'Armée rouge soviétique, une période de démocratie chaotique dans l'immédiat après-guerre, une succession de régimes communistes autoritaires et un soulèvement populaire qui fut réprimé par les armes³⁵. » Ce n'était pas comme tondre les pelouses et chanter dans les chorales dans une petite ville de l'Iowa, et ça ne vous apprenait ni la douceur ni la sympathie.

Grove arriva aux États-Unis un an plus tard et, comme il avait appris l'anglais par ses propres moyens, obtint sa licence au City College of New York (CCNY) – premier de sa promotion – et ensuite un doctorat en ingénierie chimique à Berkeley. Il rejoignit Fairchild en 1963 juste après Berkeley et écrivit sur son temps libre un manuel pour étudiants intitulé *Physique et technologie des dispositifs à semi-conducteurs*.

Lorsque Moore lui fit part de son intention de quitter Fairchild, Grove se proposa de l'accompagner. En fait, il imposa presque sa présence à Moore. « Je le respectais vraiment et je voulais aller partout où il irait », déclara Grove. Il devint le numéro trois chez Intel, en tant que directeur de l'ingénierie.

Grove admirait beaucoup les compétences techniques de Moore, mais pas sa manière de diriger. C'était compréhensible, vu l'aversion manifestée par Moore envers la confrontation et presque tout aspect de la gestion qui dépassait les conseils gentiment prodigués. S'il y avait un conflit, il l'observait de loin sans broncher. « Il est soit naturellement incapable, soit carrément réticent à faire ce qu'un gestionnaire doit faire », disait Grove³⁶. L'énergique Grove, en revanche, avait le sentiment qu'une honnête confrontation était non seulement un devoir de gestionnaire, mais aussi un acte revigorant qui épicaît la vie de ce Hongrois endurci.

Grove fut encore plus consterné par l'attitude de Noyce. Chez Fairchild, il frémit de colère lorsque Noyce ignore l'incompétence d'un de ses responsables de division, qui arrivait en retard et ivre aux réunions. Aussi gémit-il lorsque Moore annonça qu'il lancerait sa

nouvelle société avec Noyce comme partenaire. « J'ai répondu que Bob était meilleur gestionnaire qu'Andy était disposé à le reconnaître, raconte Moore. Ils avaient des styles différents, c'est tout³⁷. »

Noyce et Grove s'entendaient mieux socialement que professionnellement. Ils allaient avec leurs familles à Aspen, où Noyce apprit à Grove à skier ; il lui bouclait même ses chaussures. Grove détectait néanmoins chez Noyce un détachement qui pouvait être déconcertant : « C'était le seul individu de ma connaissance qui soit à la fois distant et charmant³⁸. » En outre, malgré leur amitié des fins de semaine, Grove était irrité et parfois consterné par l'attitude de Noyce au bureau : « Je n'avais que des rapports désagréables et décourageants avec Bob que je voyais en train de gérer une entreprise à problèmes. Si deux personnes se disputaient et que nous regardions tous de son côté dans l'attente d'une décision de sa part, il affichait un regard peiné et disait quelque chose comme "Peut-être que vous devriez vous arranger". Souvent, il ne le disait même pas, il changeait carrément de sujet³⁹. »

Ce dont Grove ne se rendait pas compte à l'époque, mais qu'il finirait par comprendre plus tard, c'était qu'une gestion performante n'est pas toujours obligatoirement liée à un chef énergique. Elle peut résulter du fait d'avoir la combinaison de talents qu'il faut au sommet. Comme dans un alliage métallique, le résultat peut être efficace si le mélange d'éléments est correct. Des années plus tard, quand Grove eut appris à apprécier ce phénomène, il lut *The Practice of Management* (La Pratique de la gestion) de Peter Drucker, qui décrivait le chef d'entreprise idéal comme une personne extravertie, une personne introvertie et un homme (ou une femme) d'action. Grove comprit alors qu'au lieu de s'incarner dans une seule personne, pareils traits pouvaient exister dans une équipe de direction. C'était le cas chez Intel, dit Grove, et il fit des copies du chapitre en question pour Noyce et Moore. Noyce était l'extraverti, Moore l'introverti, et Grove l'homme d'action⁴⁰.

Arthur Rock, qui avait organisé le financement pour le compte du trio et initialement présidé le conseil d'administration, comprenait l'avantage qu'il y avait à créer un exécutif dont les membres se complétaient. Il avait aussi noté un corollaire : il était important que les trois gagnants deviennent P-DG dans l'ordre ci-dessus. Il décrivait Noyce comme « un visionnaire qui savait comment inspirer les gens et promouvoir la société quand elle commencerait à décoller ». Une fois que ce serait fait, Intel aurait besoin d'être dirigé par quelqu'un capable de la mettre à l'avant-garde de chaque nouvelle vague technologique, « et Gordon était un scientifique tellement brillant qu'il savait comment impulser la technologie ». Ensuite, quand il y aurait la

concurrence de dizaines d'autres sociétés, « nous aurions besoin d'un gestionnaire agressif et réaliste qui sache faire tourner l'affaire ». C'était Grove⁴¹.

La culture Intel, qui allait se diffuser dans Silicon Valley, était le produit de ces trois personnalités. Ainsi qu'on pourrait s'y attendre dans une paroisse dont Noyce était le pasteur, elle était dépourvue de signes hiérarchiques. Il n'y avait pas de places de parking réservées. Tout le monde, Noyce et Moore y compris, travaillait dans des box similaires. Le reporter Michael Malone décrivit sa visite chez Intel quand il vint faire une interview : « Je n'arrivais pas à trouver Noyce. Il a fallu qu'une secrétaire sorte pour me conduire jusqu'à son box, car son box était presque impossible à distinguer de tous les autres dans cette vaste cité de box à l'image des terriers collectifs des chiens de prairie⁴². »

Lorsqu'un des premiers employés voulut voir l'organigramme de la société, Noyce dessina un X majuscule au centre d'une page puis un tas d'autres X autour du premier, reliés par des lignes. L'employé était au centre, et les autres étaient les gens à qui il aurait affaire⁴³. Noyce avait remarqué que dans les sociétés de la côte Est les employés administratifs et les secrétaires disposaient de petits bureaux métalliques tandis que ceux des cadres supérieurs étaient de grands bureaux en acajou. Noyce décida donc de travailler à un petit bureau en aluminium gris, alors même que les nouvelles recrues recevaient des bureaux plus grands et en bois. Son bureau rayé et cabossé était près du centre de la salle, à la vue de tout le monde. Ce qui empêchait quiconque d'exiger un signe extérieur de pouvoir. « Il n'y avait aucun privilège nulle part, se rappelle Ann Bowers, qui était chef du personnel et épouserait plus tard Noyce⁴⁴. Nous avons inauguré une forme de culture d'entreprise complètement différente de tout ce qui avait existé avant. C'était une culture de la méritocratie⁴⁴. »

C'était aussi une culture de l'innovation. Noyce avait une théorie qu'il avait élaborée après avoir rongé son frein sous une hiérarchie rigide chez Philco. Plus le lieu de travail serait ouvert et déstructuré, croyait-il, plus les idées nouvelles seraient trouvées, diffusées, affinées et appliquées rapidement. « L'idée est que les gens ne soient pas obligés de passer par la voie hiérarchique, disait Ted Hoff, l'un des ingénieurs d'Intel. Si vous avez besoin de parler à un responsable en particulier, vous allez lui parler⁴⁵. » Comme Tom Wolfe le formulait dans son profil, « Noyce se rendit compte à quel point il détestait le système de classes et de statut social en vigueur dans la culture d'entreprise de la côte Est, avec ses innombrables gradations, coiffé par les P-DG et vice-présidents qui menaient leur vie quotidienne comme s'ils étaient des aristocrates industriels avec des courtisans à

leurs pieds. »

En se passant de la voie hiérarchique, à la fois chez Fairchild Semiconductor et, plus tard, chez Intel, Noyce émancipait les employés et les forçait à prendre l'initiative. Même si Grove se hérissait quand les conflits n'étaient pas résolus lors des réunions, Noyce laissait facilement des employés subalternes résoudre des problèmes au lieu de les diriger vers un niveau hiérarchique supérieur qui leur dirait quoi faire. Des responsabilités furent imposées à de jeunes ingénieurs, qui se trouvèrent obligés de devenir des innovateurs. De temps à autre, il arrivait qu'un collaborateur cale devant un problème ardu. « Il allait voir Noyce pour lui demander ce qu'il fallait faire, raconte Wolfe. Et Noyce baissait la tête, allumait son regard à 100 ampères, écoutait, puis disait : "Bon, voilà la marche à suivre. Il faut prendre en compte A, il faut prendre en compte B, et il faut prendre en compte C." Ensuite il enclenchait son sourire Gary Cooper : "Mais si vous croyez que je vais prendre la décision à votre place, vous vous trompez. Hé ! c'est vos oignons." »

Au lieu de proposer des projets à la direction, les différents services d'Intel avaient le droit d'agir comme s'ils étaient des sociétés autonomes agiles et à l'effectif réduit. Chaque fois qu'une décision exigeait une acquisition auprès d'un autre service, comme un nouveau plan de marketing ou un changement dans la stratégie du produit, l'affaire n'était pas portée devant les patrons pour qu'ils prennent la décision. Au lieu de quoi, une réunion était improvisée pour discuter le coup ou du moins essayer de le discuter. Noyce aimait bien les réunions, et il y avait des salles réservées pour quiconque ressentait le besoin d'en convoquer une. Lors de ces réunions, tout le monde était sur un pied d'égalité et pouvait contester la sagesse dominante. Noyce n'était pas là en tant que patron, mais comme un pasteur qui les guidait vers la prise de décision personnelle. « Ce n'était pas une entreprise, concluait Wolfe, c'était une assemblée de fidèles⁴⁶. »

Noyce était un grand leader parce qu'il était intelligent et inspirait tout le monde, mais il n'était pas un grand gestionnaire. « Bob fonctionnait sur le principe que si on suggérait aux gens ce qu'il fallait faire, ils seraient assez intelligents pour écouter le conseil et l'appliquer, raconte Moore. On n'avait pas à se préoccuper du suivi⁴⁷. » Moore avouait qu'il n'était guère plus convaincant : « Moi non plus je n'ai jamais été très impatient d'exercer une autorité ou d'être le patron, ce qui pourrait vouloir dire que nous nous ressemblions trop⁴⁸. »

Pareil style de gestion exigeait quelqu'un pour imposer la discipline. Dès le début chez Intel, bien avant que ce soit son tour de devenir P-

DG, Grove contribua à implanter certaines techniques de gestion. Il créa un lieu où les gens devaient répondre de leur négligence. Les échecs avaient des conséquences. « Andy licencierait sa propre mère si elle lui mettait des bâtons dans les roues », disait un ingénieur. Un autre collègue expliquait que c'était indispensable dans une organisation dirigée par Noyce : « Bob se sent vraiment obligé d'être un chic type. C'est important pour lui qu'on l'aime. Alors il faut quelqu'un pour botter le cul des uns et prendre les noms des autres. Et il se trouve qu'Andy est très bon en la matière⁴⁹. »

Grove commença à étudier et à absorber l'art de la gestion d'entreprise comme si c'était la science des circuits électriques. Il deviendrait plus tard l'auteur à succès d'ouvrages avec des titres comme *Seuls les paranos survivent* et *Gestion à haut rendement*. Il n'essaya pas d'imposer un contrôle hiérarchique sur ce que Noyce avait édifié. Au lieu de quoi il contribua à faire pénétrer une culture d'entreprise proactive, focalisée et attentive aux détails, autant de traits qui ne seraient pas venus naturellement du style décontracté de Noyce, qui évitait la confrontation. Ses réunions étaient brèves et décisives, contrairement à celles menées par Noyce, où les participants avaient tendance à faire traîner la discussion le plus longtemps possible en sachant bien qu'il donnerait vraisemblablement son approbation tacite à la dernière personne qui aurait retenu son attention.

Ce qui évita à Grove de passer pour un tyran, c'était qu'il était irrésistible. On aurait eu du mal à le détester. Quand il souriait, ses yeux s'illuminaient. Il avait un charisme de lutin. Avec son accent hongrois et son sourire loufoque, il était de loin l'ingénieur le plus pittoresque de Silicon Valley. Il succomba aux sirènes de la mode douteuse du début des années 1970 en tentant, à la manière d'un *geek* immigré digne des caricatures de l'émission satirique *Saturday Night Live*, d'être *groovy* – branché. Il arborait des favoris démesurés, laissait flotter les bouts de sa moustache et portait des chemises ouvertes révélant des chaînes en or pendouillant sur son torse velu. Rien de tout cela n'occultait le fait qu'il était un authentique ingénieur, un pionnier du transistor à semi-conducteurs et couche d'oxyde métallique qui devint le moteur des circuits intégrés modernes.

Grove soutint la démarche égalitaire de Noyce – il travailla dans un box ouvert durant toute sa carrière, et avec grand plaisir –, mais il y ajouta une couche supplémentaire de ce qu'il appelait la « confrontation constructive ». Il ne prenait pas de grands airs, mais il ne baissait jamais sa garde. À l'opposé de l'affabilité conciliante de Noyce, le style de Grove était brusque, sans entourloupes. C'était la même démarche que Steve Jobs utiliserait plus tard : une sincérité

brutale, une vision claire et une exigence d'excellence. « Andy était le mec qui veillait à ce que tous les trains partent à l'heure, raconte Anne Bowers. Il était très exigeant. Il avait des opinions arrêtées sur ce que vous deviez faire et ce que vous ne deviez pas faire et il était très direct là-dessus⁵⁰. »

Malgré leurs styles différents, il y avait une chose que Noyce, Moore et Grove avaient en commun : la volonté inflexible d'assurer que l'innovation, l'expérimentation et l'esprit d'entreprise continuent de s'épanouir chez Intel. Le mantra de Grove était : « Le succès nourrit l'autosatisfaction. L'autosatisfaction nourrit l'échec. Seuls les paranos survivent. » Noyce et Moore n'étaient peut-être pas paranoïaques, mais ils ne tombèrent jamais dans l'autosatisfaction.

Le microprocesseur

Les inventions se produisent parfois lorsque des gens, confrontés à un problème, se démènent pour le résoudre. D'autres fois, elles surviennent lorsqu'ils embrassent des desseins visionnaires. L'histoire de Ted Hoff et de son équipe chez Intel inventant le microprocesseur relève de ces deux cas à la fois.

Hoff, qui avait été un jeune chargé de cours à Stanford, devint le douzième employé de la société Intel, où il eut pour mission de travailler sur la conception des circuits intégrés. Il se rendit compte qu'il était superflu et peu élégant d'élaborer de nombreux types de puces, chacune dotée d'une fonction spécifique, ce que faisait Intel. Le client demandait à Intel de lui fabriquer un circuit intégré sur mesure, conçu pour une tâche spécifique. Hoff envisagea, comme Noyce et d'autres, une autre démarche : créer un circuit intégré généraliste qu'on pourrait commander ou programmer pour exécuter sur demande toute une gamme d'applications. Autrement dit, un ordinateur polyvalent sur une puce électronique⁵¹.

Cette vision coïncida avec un problème que Hoff eut à résoudre durant l'été 1969. La société japonaise Busicom projetait de fabriquer un puissant calculateur de bureau, pour lequel elle avait dressé une liste de caractéristiques impliquant douze puces spécialisées (pour l'affichage, les calculs, la mémoire, etc.) et qu'elle demandait à Intel de fabriquer. Intel accepta et les deux parties convinrent du prix. Noyce demanda à Hoff de superviser ce projet. Il se heurta bientôt à un défi. « Plus j'en apprenais sur cette configuration, plus je craignais qu'Intel ait surestimé ses capacités en s'engageant sur un projet qu'on ne pourrait pas mener jusqu'au bout, raconte Hoff. Le nombre de puces et leur complexité dépassaient de loin ce à quoi je m'attendais. »

Il était exclu qu'Intel puisse les fabriquer pour le prix fixé. Et, ce qui n'arrangeait rien, la popularité croissante des calculatrices de poche de Jack Kilby forçait Busicom à baisser encore ses prix.

« Bon, si tu as une idée pour simplifier la conception, pourquoi ne pas l'exploiter jusqu'au bout ? » suggéra Noyce⁵².

Hoff proposa qu'Intel conçoive un circuit intégré logique unique qui puisse accomplir presque toutes les tâches que Busicom lui assignait. « Je sais que c'est possible, dit-il à propos de la puce polyvalente. On peut lui faire émuler un ordinateur. » Noyce lui dit d'essayer.

Avant qu'ils puissent vendre l'idée à Busicom, Noyce se rendit compte qu'il lui faudrait convaincre quelqu'un qui risquerait d'être encore plus rétif : Andy Grove, qui officiellement travaillait pour lui. Une partie du mandat dont Grove s'estimait investi consistait à brider toute dérive chez Intel. Noyce disait oui à pratiquement n'importe quoi ; Grove avait pour tâche de dire non. Lorsque Noyce s'approcha en sautillant du poste de travail de Grove et s'assit sur le coin du bureau, Grove fut immédiatement sur ses gardes. Il savait que la nonchalance affectée par Noyce signifiait qu'il y avait quelque chose dans l'air. « On démarre un autre projet », annonça Noyce avec un rire forcé⁵³. La première réaction de Grove fut de lui dire qu'il était cinglé. Intel était une société encore au berceau qui peinait à fabriquer ses puces mémoires, et toute distraction lui serait néfaste. Mais après avoir entendu Noyce lui décrire l'idée de Hoff, Grove comprit que toute résistance serait malvenue et assurément futile.

En septembre 1969, Hoff et son collègue Stan Mazor avaient déjà dessiné l'architecture d'un circuit intégré logique universel capable de suivre des instructions de programmation. Il serait capable de faire le travail de neuf des douze puces exigées par Busicom. Noyce et Hoff présentèrent cette option aux cadres de chez Busicom, qui convinrent que cette démarche était meilleure.

Quand vint le moment de renégocier le prix, Hoff fit à Noyce une recommandation capitale qui contribuerait à créer un énorme marché pour les circuits intégrés polyvalents et assurerait qu'Intel demeure une force motrice de l'ère numérique. C'était un aspect de la négociation que Bill Gates et Microsoft imiteraient avec IBM une décennie plus tard. En échange d'accorder un prix acceptable à Busicom, Noyce insista pour qu'Intel conserve ses droits sur le nouveau circuit intégré et soit autorisé à en vendre la licence d'exploitation à d'autres sociétés pour d'autres buts que la fabrication de calculatrices de poche. Il avait pris conscience qu'une puce programmable pour exécuter n'importe quelle fonction logique deviendrait un composant standard dans l'industrie électronique,

comme les planches de section 2 x 4 pouces étaient un composant standard dans la construction des maisons aux États-Unis. Cette puce remplacerait les puces sur mesure, ce qui signifiait qu'elle pourrait être fabriquée en grande série et que son coût ne cesserait de baisser. Elle inaugurerait aussi une évolution plus subtile dans l'industrie électronique : l'importance des ingénieurs en matériel, qui concevaient le placement des composants sur une carte, commença à reculer devant une race nouvelle, les ingénieurs en logiciel, dont la tâche était de programmer un jeu d'instructions à introduire dans le système.

Parce qu'il était essentiellement un processeur d'ordinateur sur une puce électronique, le nouveau dispositif fut baptisé *microprocesseur*. En novembre 1971, Intel dévoila au grand public le produit, l'Intel 4004. Il publia des encarts dans les revues professionnelles annonçant « une ère nouvelle de l'électronique intégrée – un micro-ordinateur programmable sur une puce ! ». Le prix était fixé à deux cents dollars et les commandes, ainsi que des milliers de demandes du manuel, commencèrent à affluer. Noyce, qui assistait à un salon de l'informatique à Las Vegas le jour de l'annonce officielle, fut enthousiasmé en voyant les clients potentiels se précipiter dans le pavillon Intel.

Noyce devint un apôtre du microprocesseur. Lors d'une réunion à San Francisco qu'il organisa pour sa famille étendue en 1972, il se leva dans le bus qu'il avait affrété et agita une tranche de silicium au-dessus de sa tête en disant : « Voici ce qui va changer le monde ! Chez vous, à la maison, vous allez tous avoir des ordinateurs. Vous aurez accès à toutes sortes d'informations. » Les membres de sa famille firent circuler la tranche de silicium dans le bus comme un objet de culte. « Vous n'aurez plus besoin d'argent, prophétisa-t-il. Tout se passera électroniquement⁵⁴. »

Il n'exagérait que légèrement. Les microprocesseurs commencèrent à apparaître dans les feux tricolores et les dispositifs de freinage intelligents, les machines à café et les réfrigérateurs, les ascenseurs et le matériel médical, et dans des milliers d'autres gadgets. Mais le succès le plus éclatant du microprocesseur fut de permettre la réalisation d'ordinateurs plus petits, et tout particulièrement d'ordinateurs *individuels* qu'on pouvait avoir sur son bureau et chez soi. Et si la loi de Moore continuait d'être valide (ce qui serait le cas), une industrie de l'ordinateur individuel progresserait en symbiose avec l'industrie du microprocesseur.

C'est ce qui se passa dans les années 1970. Le microprocesseur fit éclore des centaines de nouvelles entreprises fabriquant du matériel et éditant du logiciel pour l'informatique grand public. Non seulement

Intel développa les circuits intégrés de pointe, mais il créa aussi la culture qui incita les jeunes pousses financées par le capital-risque à transformer l'économie et à déraciner les vergers d'abricots de la vallée de Santa Clara, ces soixante kilomètres de terrain plat entre San Francisco et San Jose, en passant par Palo Alto.

L'artère principale de la vallée, une autoroute très passante, était jadis El Camino Real, la voie royale qui reliait les vingt et une missions espagnoles de Californie. Au début des années 1970 – grâce à Hewlett-Packard, au Stanford Industrial Park de Fred Terman, à William Shockley, à Fairchild et ses Fairchildren –, elle était déjà l'axe principal desservant les entreprises de haute technologie. En 1971, la région reçut un nouveau surnom. Don Hoefler, chroniqueur de l'hebdomadaire professionnel *Electronic News*, commença à rédiger une série d'articles sous le titre « Silicon Valley USA », et ce nom s'imposa⁵⁵.



Dan Edwards et Peter Samson jouant à Spacewar au MIT en 1962.



Nolan Bushnell (né en 1943).

*1. Seules les personnes vivantes peuvent concourir pour le prix Nobel.

*2. Il utilisa des obligations convertibles, c'est-à-dire des titres de créance convertibles en actions ordinaires lorsqu'une société réussit, mais qui ne valent rien (en fin de chaîne des créanciers) si elle échoue.

*3. Edward « Ned » Johnson III, qui dirigeait alors le Fidelity Magellan Fund. En 2013,

Rock détenait encore ces deux feuilles, plus l'ancienne – où il cherchait un parrain pour ce qui deviendrait Fairchild –, au fond d'un classeur dans son bureau avec vue sur la baie de San Francisco.

*4. Après son mariage avec Noyce, elle dut quitter Intel. Elle rejoignit la jeune société Apple, où elle devint le premier DRH de Steve Jobs et exerça par ailleurs une influence maternelle apaisante sur lui.

6.

Les jeux vidéo

L'évolution des circuits intégrés conduisit à des composants qui, comme l'avait prévu la loi de Moore, devinrent plus petits et plus puissants au fil des années. Un autre élan encore impulserait la révolution informatique et, finalement, la demande en ordinateurs individuels : la conviction que les ordinateurs ne servaient pas seulement aux calculs à répétition. Ils pourraient et devraient être amusants à utiliser.

Deux cultures contribuèrent à l'idée que les ordinateurs devraient être des objets avec lesquels nous pourrions interagir et jouer. Il y avait les bidouilleurs purs et durs qui croyaient à l'impératif de l'expérience directe au clavier, adoraient les farces, les astuces de programmation, les jouets et les jeux¹. Et il y avait les entrepreneurs rebelles impatients de percer dans l'industrie des jeux automatiques, dominée à l'époque par la mafia des distributeurs de billards électriques et mûre pour la perturbation numérique. Ainsi naquit le jeu vidéo, qui se révéla être non seulement une attraction, mais une partie intégrante de la lignée qui conduirait à l'ordinateur individuel actuel. Il contribua aussi à propager l'idée que les ordinateurs pouvaient interagir avec les humains en temps réel, avoir des interfaces conviviales et des affichages graphiques alléchants.

La sous-culture des *hackers* comme le jeu vidéo fondateur *Spacewar* furent une émanation du Tech Model Railroad Club, une organisation d'étudiants plutôt *geek* du MIT, fondée en 1946, qui se réunissait dans les entrailles d'un bâtiment où le radar avait été développé. Son bunker était presque complètement rempli par le plateau d'un train électrique doté de dizaines de voies, d'aiguillages, de wagonnets, d'éclairages, de signaux et de villes miniatures, tous fabriqués avec passion et historiquement conformes. L'obsession de la plupart des membres du TMRC était de fabriquer avec une exactitude photographique des pièces à installer sur la maquette. Or un sous-ensemble du club s'intéressait plus à ce qui se trouvait sous le tentaculaire plateau qui vous arrivait à hauteur de poitrine. Les membres de cette « Sous-commission des signaux et de l'alimentation électrique » s'occupaient des relais, des câblages, des circuits et des commutateurs à barres croisées fixés sur l'envers du plateau et qui fournissaient une hiérarchie complexe d'unités de commande pour les nombreux trains. Ils voyaient de la beauté dans ce réseau enchevêtré. « Il y avait des régiments de commutateurs en rangs d'oignon, des alignements douloureusement réguliers de relais en bronze mat et un interminable et envahissant enchevêtrement de fils rouges, bleus et jaunes qui se tordaient et se tortillaient comme une explosion aux couleurs de l'arc-en-ciel dans les cheveux d'Einstein », écrivait Steven Levy dans son livre *Hackers*, qui commence par une description pittoresque du club².

Les membres de la Sous-commission des signaux et de l'alimentation électrique assumaient avec fierté le terme *hacker*. Il connotait à la fois la virtuosité technique et l'esprit ludique, et non (comme dans un usage plus récent) des intrusions illégales dans un réseau. Les farces complexes élaborées par les étudiants du MIT – faire monter une vraie vache sur le toit d'une résidence universitaire, mettre une vache en plastique sur le Grand Dôme emblématique du bâtiment principal ou faire émerger un ballon gonflable géant au milieu du terrain pendant le match Harvard-Yale – étaient qualifiées de *hacks* (« coups »). « Nous autres au TMRC employons le terme "*hacker*" uniquement dans son sens originel, quelqu'un qui applique l'ingéniosité à la création du résultat intelligent, appelé un "*hack*", proclamait le club. L'essence d'un *hack* est qu'il soit exécuté rapidement, et habituellement sans élégance³. »

Certains des premiers hackers avaient été contaminés par l'aspiration à créer des machines capables de penser. Beaucoup étaient des étudiants du Laboratoire d'intelligence artificielle du MIT, fondé en 1959 par deux professeurs qui deviendraient légendaires : John McCarthy, un sosie du père Noël qui créerait le terme d'« intelligence

artificielle », et Marvin Minsky, génie tellement brillant qu'il semblait être la vivante réfutation de sa conviction que les ordinateurs surpasseraient un jour l'intelligence humaine. La doctrine dominante du laboratoire d'IA était que, si elles disposaient d'une puissance de calcul suffisante, les machines pourraient reproduire des réseaux de neurones comme ceux du cerveau humain et être capables d'interagir intelligemment avec les utilisateurs. Minsky, personnage espiègle aux yeux scintillants, avait construit un automate d'apprentissage conçu pour modéliser le cerveau et qu'il avait baptisé SNARC (pour *Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator*), laissant entendre avec l'allusion au Snark mythique de Lewis Carroll qu'il était sérieux, mais peut-être pas tout à fait. Une de ses théories était que l'intelligence pourrait être produite par l'interaction de composants non intelligents, tels que de petits ordinateurs interconnectés par des réseaux géants.

L'instant fondateur pour les hackers du TMRC date de septembre 1961, lorsque la Digital Equipment Corporation (DEC) fit don au MIT du prototype de son ordinateur PDP-1 (« PDP » pour *Programmed Data Processor*). À peu près du volume de trois réfrigérateurs, le PDP-1 était le premier ordinateur conçu pour une interaction directe avec l'utilisateur. Il pouvait se connecter à un clavier et à un moniteur qui affichait des graphiques, et être utilisé facilement par une seule personne. Tels des papillons de nuit attirés par une flamme, une poignée de hackers purs et durs commencèrent à tourner autour de ce nouvel ordinateur ; ils formèrent une cabale pour lui trouver un usage ludique. Il y eut de nombreuses discussions dans un appartement décrépit de Hingham Street à Cambridge, raison pour laquelle les participants se donnèrent le nom de Hingham Institute. Cette appellation prétentieuse était ironique. Leur objectif n'était pas de trouver un usage noble pour le PDP-1, mais de faire quelque chose d'intelligent.

Des hackers antérieurs avaient créé quelques jeux rudimentaires pour les premiers ordinateurs. L'un d'eux, au MIT, comportait un point sur un écran qui représentait une souris essayant de circuler dans un labyrinthe pour trouver un morceau de fromage (ou, dans des versions ultérieures, un martini dry) ; un autre, au Laboratoire national de Brookhaven, à Long Island, utilisait un oscilloscope sur un ordinateur analogique pour simuler un match de tennis. Mais les membres du Hingham Institute savaient qu'avec le PDP-1 ils avaient l'occasion de créer le premier vrai jeu vidéo à base informatique.

Le meilleur programmeur du groupe était Steve Russell, qui aidait

alors le professeur McCarthy à créer le langage LISP, conçu pour faciliter la recherche en intelligence artificielle. Russell était un geek exemplaire, débordant de passions et d'obsessions intellectuelles qui allaient des locomotives à vapeur aux machines pensantes. Petit et nerveux, il avait des lunettes à verre épais et des cheveux bouclés. Quand il parlait, c'était comme si on avait appuyé sur son bouton « avance accélérée ». Bien qu'il soit intense et énergique, il avait tendance à tout remettre au lendemain, ce qui lui valut le surnom de « Limace ».

Comme la plupart de ses amis hackers, Russell était un amateur avide de films de série B et de romans de science-fiction bas de gamme. Son écrivain favori était E. E. « Doc » Smith, un ingénieur manqué en agro-alimentaire (en tant qu'expert sur le blanchiment de la farine, il avait concocté des pâtes à beignets) spécialisé dans un sous-genre trash dit *space opera*. On y découvrait des aventures mélodramatiques pleines de batailles contre le Mal, de voyages interstellaires et d'histoires d'amour plombées par les clichés. Doc Smith « écrivait avec la grâce et le raffinement d'un marteau-piqueur », à en croire Martin Graetz, membre du Tech Model Railroad Club et du Hingham Institute, qui coucha sur le papier ses souvenirs de la création de *Spacewar*. Il se rappelle un récit typique de Doc Smith :

« Après quelques chichis préliminaires, histoire de s'entraîner à orthographier les noms de tout le monde, une patrouille de Hardis Castors surdéveloppés se lancent dans un trekking dans l'univers pour buter le tout dernier gang de racailles galactiques, faire sauter deux ou trois planètes, exterminer tout un tas de formes de vie et se prendre un pied d'enfer, quoi ! Dans le pétrin – là où on les trouvait habituellement –, on pouvait compter sur nos héros pour sortir illico une théorie scientifique, inventer la technologie pour la mettre en œuvre et produire les armes pour dézinguer les méchants, tout ça tandis qu'ils se faisaient pourchasser dans leur vaisseau spatial en long en large et en travers des vastitudes infoulées de la galaxie. »

Affligés qu'ils étaient d'une prédilection pour pareils *space operas*, rien d'étonnant à ce que Russell, Graetz et leurs amis aient décidé alors de concocter un jeu de guerre spatiale pour le PDP-1. « Je venais de finir de lire la série *Lensman* de Doc Smith, raconte Russell. Ses héros avaient fortement tendance à se faire poursuivre par les méchants d'un bout à l'autre de la galaxie et à être obligés d'inventer le moyen de s'en sortir tout en étant poursuivis. Ce genre de scénario était le truc qui a suggéré *Spacewar*⁴. » Fièremment loufoques, ils se recyclèrent dans le « Groupe d'études du Hingham Institute sur les

conflits armés spatiaux » et Russell-la-Limace se mit à encoder les instructions⁵.

Seulement, fidèle à son surnom, il ne le fit pas. Il savait ce que serait le point de départ de son programme de jeu. Le professeur Minsky était tombé par hasard sur un algorithme qui dessinait un cercle sur le PDP-1 et avait pu le modifier de façon à ce qu'il affiche sur l'écran trois points interagissant les uns avec les autres et tissant de petits motifs de toute beauté. Minsky appela son procédé le Tri-Pos, mais ses étudiants le surnommèrent « le Minskytron ». C'était une bonne base pour créer un jeu comportant des vaisseaux spatiaux et des missiles en interaction. Russell passa des semaines hypnotisé par le Minskytron et à appréhender sa capacité à créer des motifs. Mais il cala quand vint le moment de rédiger les sous-programmes de sinus et cosinus qui détermineraient les évolutions de ses vaisseaux spatiaux.

Lorsque Russell expliqua son problème, un autre membre du club, Alan Kotok, sut comment le résoudre. Il prit sa voiture et se rendit dans la banlieue de Boston au siège de DEC, le constructeur du PDP-1. Il trouva un ingénieur compatissant qui avait les sous-programmes nécessaires pour faire les calculs. « Et voilà tes programmes pour les sinus et les cosinus, dit Kotok à Russell. Maintenant, où elle est, ton excuse ? » Russell avoua plus tard : « J'ai regardé de tous les côtés, et je n'ai pas trouvé d'excuse, alors j'ai été obligé de me mettre au travail et d'activer un peu mes méninges⁶. »

Russell programma sans arrêt pendant les vacances de Noël 1961 ; au bout de quelques semaines il avait produit une méthode pour manœuvrer les points sur l'écran en utilisant les interrupteurs à bascule du panneau de commande pour les faire accélérer, ralentir et tourner. Il convertit ensuite les points en deux vaisseaux spatiaux dans le style des dessins animés, l'un gros et ventru comme un cigare, l'autre mince et rectiligne comme un crayon. Un autre sous-programme permettait à chaque vaisseau d'éjecter un point de son nez, simulant un tir de missile. Lorsque la position du point projectile coïncidait avec celle d'un vaisseau spatial, ce dernier « explosait » dans un nuage aléatoire de points en mouvement. Dès février 1962, l'écriture des bases du jeu était terminée.

À ce stade, *Spacewar* devint un projet en open source. Russell inséra la bande magnétique de son programme dans la case qui contenait d'autres programmes du PDP-1 et ses amis commencèrent à apporter des améliorations. L'un d'eux, Dan Edwards, décida qu'il serait cool d'introduire une force gravitationnelle ; il programma donc un gros Soleil qui exerçait son attraction sur les vaisseaux. Si vous n'y prêteriez pas attention, il pouvait vous aspirer et vous détruire, mais les bons

joueurs apprenaient à frôler le Soleil et à se servir de son attraction gravitationnelle pour prendre de l'élan et repartir avec une vitesse supérieure.

Un autre ami, Peter Samson, « trouvait que mes étoiles étaient réparties au hasard et peu réalistes », raconte Russell⁷. Samson décida que le jeu avait besoin du « vrai ciel », entendant par là des constellations astronomiquement correctes à la place de points lumineux aléatoires. Il créa donc un programme supplémentaire qu'il appela « Planétarium de Luxe ». Se servant d'informations glanées dans l'*American Ephemeris and Nautical Almanach*, il rédigea un programme qui montrait toutes les étoiles du ciel nocturne jusqu'à la cinquième magnitude. En spécifiant combien de fois un point lumineux apparaissait sur l'écran, il réussit même à reproduire la luminosité relative de chaque étoile. Tandis que les vaisseaux fondaient dans l'espace, on voyait défiler lentement les constellations.

Cette collaboration en open source produisit bien d'autres contributions astucieuses. Martin Graetz trouva ce qu'il appela « le super-bouton rouge », la possibilité de se sortir d'un mauvais pas en appuyant sur une touche qui vous faisait temporairement disparaître dans une autre dimension de l'hyperespace. « L'idée était qu'en dernier recours on pouvait sauter dans la quatrième dimension et disparaître », expliquait-il. Il avait vu un dispositif similaire, appelé « tube hyperspatial », dans un des romans de Doc Smith. Il y avait toutefois des limites : vous ne pouviez disparaître dans l'hyperespace que trois fois par partie ; votre disparition donnait à votre adversaire le temps de souffler ; et vous ne saviez jamais où votre vaisseau spatial allait réapparaître. Il pouvait se retrouver dans le Soleil ou directement dans la ligne de mire de l'adversaire. « C'était un truc qu'on *pouvait* utiliser, mais pas un truc qu'on *voulait* utiliser », expliquait Russell. Graetz ajouta un hommage au professeur Minsky : un vaisseau disparaissant dans l'hyperespace laissait dans son sillage l'une des signatures graphiques du Minskytron⁸.

Une contribution durable fut apportée par deux membres actifs du Tech Model Railroad Club, Alan Kotok et Bob Sanders. Ils se rendirent compte que des joueurs agglutinés autour d'une console PDP-1 et se bousculant pour essayer frénétiquement de s'emparer des commutateurs de l'ordinateur provoquaient une situation à la fois inconfortable et dangereuse. Alors ils fouillèrent sous le train électrique dans la salle du club et réquisitionnèrent quelques-uns des commutateurs et des relais. Ils les montèrent dans deux boîtiers en plastique pour faire des télécommandes, avec les commutateurs pour

toutes les fonctions nécessaires, y compris le bouton d'éjection dans l'hyperespace.

Le jeu se répandit rapidement dans d'autres centres informatiques et devint un élément incontournable de la culture hacker. DEC commença à livrer le jeu préchargé dans ses ordinateurs, et des programmeurs en créèrent de nouvelles versions pour d'autres systèmes. Des hackers du monde entier ajoutèrent encore des fonctions, telles que des pouvoirs d'invisibilité, des explosions de mines spatiales, et des méthodes de reconfiguration de la perspective pour passer au point de vue personnel d'un des pilotes. Comme disait Alan Kay, l'un des pionniers de l'ordinateur individuel, « le jeu *Spacewar* s'épanouit spontanément partout où il y a un affichage graphique connecté à un ordinateur⁹. »

Spacewar mit en lumière trois aspects de la culture hacker qui formeraient une thématique de l'ère numérique. Primo, il fut créé de manière collaborative. « Nous l'avons construit ensemble, en travaillant en équipe, parce que c'était comme ça qu'on aimait faire les choses », raconte Russell. Secundo, c'était un logiciel gratuit de type open source. « Les gens nous demandaient des copies du code source, et bien sûr nous les leur donnions. » *Bien sûr* – c'était à une époque et en un lieu où le logiciel désirait ardemment sa liberté et sa gratuité. Tertio, il était fondé sur la conviction que les ordinateurs devraient être individuels et interactifs. « Ça nous a permis de mettre la main sur un ordinateur et de le faire réagir avec nous en temps réel », résume Russell¹⁰.

Nolan Bushnell et Atari

Comme de nombreux étudiants en informatique des années 1960, Nolan Bushnell était un fanatique de *Spacewar*. « Le jeu était une sorte d'initiation pour quiconque aimait l'informatique et, pour moi, ça a été une transformation, raconte Bushnell. Steve Russell était un dieu pour moi. » Ce qui distinguait Bushnell des autres mordus d'informatique qui prenaient leur pied à manœuvrer des spots clignotant sur un écran, c'est qu'il était aussi fasciné par les parcs d'attractions. Il travaillait dans l'un d'eux pour payer ses études universitaires. En outre, il avait le tempérament turbulent d'un entrepreneur, savourant le mélange de la recherche du frisson et de la prise de risque. C'est ainsi que Nolan Bushnell devint l'un de ces innovateurs qui transformèrent une invention en une industrie¹¹.

Bushnell avait quinze ans quand son père mourut. Entrepreneur en bâtiment dans une banlieue-dortoir de Salt Lake City en pleine

expansion, il avait laissé plusieurs chantiers inachevés pour lesquels il n'avait pas été payé. Le jeune Bushnell, déjà grand et remuant, termina lui-même les travaux, ce qui renforça son tempérament crâneur naturel : « Quand vous faites un truc comme ça à quinze ans, vous commencez à croire que vous pouvez tout faire », disait-il¹². On ne sera pas surpris d'apprendre qu'il devint un joueur de poker ; il eut la chance de perdre, ce qui le força opportunément à accepter un emploi sur la *midway*, l'allée centrale du Lagoon Amusement Park, tout en poursuivant ses études à l'université de l'Utah. « J'ai appris toutes les diverses astuces pour inciter les gens à dépenser leurs vingt-cinq *cents*, et ça m'a sûrement bien servi¹³. » Montant rapidement en grade, il fut affecté à l'arcade de jeux automatiques et billards électriques, où des jeux de pilotage automobile comme *Speedway*, création de la Chicago Coin Machine Manufacturing Company, faisaient fureur depuis peu de temps.

Il eut également de la chance en choisissant l'université de l'Utah comme point de chute. Elle avait le meilleur programme de graphisme informatique de tous le pays, dirigé par les professeurs Ivan Sutherland et David Evans, et deviendrait l'un des quatre premiers nœuds d'ARPANET, précurseur d'Internet. (Parmi les autres étudiants, on peut citer Jim Clark, fondateur de Netscape, John Warnock, cofondateur d'Adobe, Ed Catmull, cofondateur de Pixar, et Alan Kay, dont il sera question plus loin.) L'université avait un PDP-1 pourvu d'un logiciel *Spacewar* ; Bushnell combina sa passion pour ce jeu avec sa compréhension des principes économiques des arcades : « Je me suis rendu compte qu'on pourrait gagner pas mal de pièces de vingt-cinq *cents* si on pouvait mettre un ordinateur avec un jeu dans une arcade. Ensuite j'ai fait une division et j'ai compris que même en récoltant un gros tas de pièces de vingt-cinq *cents* tous les jours, on n'arriverait jamais aux millions de dollars que coûte un ordinateur. Vous divisez un million de dollars par vingt-cinq *cents* et vous laissez tomber¹⁴. » Ce qu'il fit, temporairement.

Quand il obtint son diplôme en 1968 (« Dernier de ma promo », se vantait-il souvent), Bushnell entra chez Ampex, qui fabriquait du matériel d'enregistrement. Avec un collègue de chez Ampex, Ted Dabney, il continua de concocter des systèmes pour transformer un ordinateur en un jeu vidéo d'arcade. Ils envisagèrent d'adapter le Nova de Data General, un mini-ordinateur gros comme un réfrigérateur et coûtant quatre mille dollars, sorti en 1969. Mais ils eurent beau jongler avec les chiffres, le Nova n'était ni assez bon marché ni assez puissant.

Dans ses tentatives pour gonfler le Nova afin qu'il puisse prendre en charge *Spacewar*, Bushnell chercha des éléments du jeu, tels que les

étoiles en arrière-plan, qui pourraient être générés par des circuits – donc, du matériel –, plutôt que par la puissance de calcul de l'ordinateur. « C'est alors que j'ai une grandiose révélation, raconte-t-il. Pourquoi ne pas faire tout ça avec le matériel ? » Autrement dit, il pourrait concevoir des circuits pour exécuter chacune des tâches qu'aurait fait le programme. Ce qui réduisait les coûts. Cela signifiait aussi qu'il fallait que le jeu soit beaucoup plus simple. Il transforma donc *Spacewar* en un jeu qui n'avait plus qu'un seul vaisseau spatial contrôlé par le joueur, et qui se battait contre deux simples soucoupes volantes générées par le matériel. Éliminés aussi l'attraction du Soleil et le bouton pour disparaître dans l'hyperespace. Mais c'était toujours un jeu amusant, et on pouvait le fabriquer pour un coût raisonnable.

Bushnell fit accepter son idée à Bill Nutting, qui avait fondé une société pour faire un jeu d'arcade appelé *Computer Quiz*. Dans un souci de continuité, ils baptisèrent le jeu de Bushnell *Computer Space*. Bushnell et Nutting s'entendirent si bien que Bushnell quitta Ampex en 1971 pour entrer chez Nutting Associates.

Tandis qu'ils travaillaient sur les premières consoles *Computer Space*, Bushnell apprit qu'il avait de la concurrence. Un diplômé de Stanford, Bill Pitts, et son acolyte Hugh Tuck du California Polytechnic étaient devenus accros à *Spacewar* et avaient décidé d'utiliser un mini-ordinateur PDP-11 pour le transformer en un jeu d'arcade. Lorsque Bushnell en entendit parler, il invita Pitts et Tuck à lui rendre visite. Ils furent horrifiés par les sacrifices – ou plutôt les sacrilèges – perpétrés par Bushnell qui dépouillait *Spacewar* de façon à pouvoir le produire à bas prix. « Le truc de Nolan était une version totalement dégénérée », fulminait Pitts¹⁵. Pour sa part, Bushnell considérait avec mépris leur projet de dépenser vingt mille dollars en matériel, dont un PDP-11 qui se trouverait dans une autre pièce et serait relié à la console par plusieurs mètres de câbles, et ensuite de faire payer dix cents la partie : « J'ai été surpris de constater à quel point ils étaient ignorants quant à l'aspect commercial. Surpris et soulagé. Dès que j'ai vu ce qu'ils étaient en train de faire, j'ai compris que je n'aurais pas de concurrents. »

Galaxy Game de Pitts et Tuck fit ses débuts sur le campus de Stanford à l'automne 1971, dans la cafétéria de la Tresidder Union. Les étudiants se rassemblaient autour de la console tous les soirs comme les membres d'une secte vénérant un sanctuaire. Mais ils avaient beau aligner leurs piécettes pour jouer, la machine n'arrivait pas à se rentabiliser et l'expérience se termina rapidement. « Hugh et moi étions tous les deux ingénieurs et nous n'avons pas du tout fait attention à l'aspect commercial », admettrait Pitts¹⁶. L'étincelle de l'innovation peut naître du talent de l'ingénieur, mais il faut lui

appliquer le savoir-faire du commercial pour qu'elle mette le feu au monde.

Bushnell réussit à produire son *Computer Space* pour mille dollars seulement. Il débuta quelques semaines après *Galaxy Game* au Dutch Goose, un bar de Menlo Park, près de Palo Alto, et ses ventes finiraient ensuite par atteindre le chiffre respectable de mille cinq cents exemplaires. Bushnell était un entrepreneur accompli : inventif, bon ingénieur et très au courant des affaires et de la demande des consommateurs. C'était aussi un vendeur remarquable. Un reporter se rappelle l'avoir rencontré par hasard dans un salon professionnel à Chicago : « Bushnell était la personne de plus de six ans la plus enthousiaste que j'aie jamais vue quand il s'agissait de décrire un nouveau jeu¹⁷. »

Computer Space se révéla être moins populaire dans les bars à bière que dans les lieux fréquentés par les étudiants, aussi n'eut-il pas autant de succès que la plupart des flippers. Mais il se constitua un vivier de fanatiques. Et, plus important encore, il lança une industrie. Les jeux d'arcade, jadis l'apanage des fabricants de billards électriques basés à Chicago, seraient bientôt transformés par des ingénieurs basés à Silicon Valley.

Peu impressionné par son expérience avec Nutting Associates, Bushnell décida de fonder sa propre société pour son jeu vidéo suivant : « Travailler chez Nutting a été une expérience qui m'a beaucoup appris, parce que j'ai découvert que je ne pourrais pas être plus bordélique qu'eux », ironisait-il¹⁸. Il voulait baptiser la nouvelle société Syzygy, terme quasi imprononçable désignant un alignement de trois corps célestes. Heureusement pour lui, cette marque n'était pas disponible, car une communauté de hippies fabricants de bougies l'avait déjà déposée. Alors Bushnell décida d'appeler sa nouvelle aventure Atari, en empruntant un terme du go, le jeu de société japonais.

Pong

Le jour où la société Atari fut constituée, le 27 juin 1972, Nolan Bushnell recruta son premier ingénieur. Al Alcorn était un footballeur vedette de son lycée, originaire d'un quartier difficile de San Francisco ; il avait appris tout seul la réparation des postes de télévision avec un cours par correspondance de RCA. À Berkeley, il participa à un programme travail-études qui l'amena chez Ampex, où il travailla sous les ordres de Bushnell. Il obtint son diplôme juste au moment où Bushnell fondait Atari.

Nombreux furent les partenariats essentiels de l'ère numérique qui associèrent des gens aux talents et aux personnalités différentes, comme John Mauchly et Presper Eckert, John Bardeen et Walter Brattain, Steve Jobs et Steve Wozniak. Or parfois ces partenariats marchaient parce que les personnalités et les passions étaient similaires, comme c'était le cas pour Bushnell et Alcorn. Tous les deux étaient des hommes de forte carrure, irrévérencieux et qui aimaient s'amuser. « Al est l'une de mes idoles, affirma Bushnell plus de quarante ans plus tard. C'était le parfait ingénieur et il était marrant, alors c'était le bon choix pour les jeux vidéo¹⁹. »

À l'époque, Bushnell avait un contrat pour un nouveau jeu vidéo commandé par la firme de Chicago, Bally Midway. Le projet était de faire un jeu de course de voitures, ce qui semblait plus attrayant que les voyages interstellaires pour les buveurs de bière dans les bars à prolos. Mais avant de confier la tâche à Alcorn, Bushnell décida de lui faire faire un exercice pour s'échauffer.

Lors d'un salon professionnel, Bushnell avait examiné l'Odyssée de chez Magnavox, une console primitive pour s'adonner à des jeux vidéo sur l'écran d'un téléviseur de salon. L'un des jeux proposés était une version du ping-pong. « Je l'ai trouvé plus ou moins merdique, dirait Bushnell des années plus tard, après avoir été poursuivi pour plagiat. Il n'avait pas de son, pas de score, et les balles étaient carrées. Mais j'ai remarqué que des gens s'amusaient avec. » Lorsqu'il retourna au petit bureau qu'Atari louait à Santa Clara, il décrivit le jeu à Alcorn, dessina quelques circuits et lui demanda de l'adapter pour en faire un jeu d'arcade. Il dit à Alcorn qu'il avait un contrat avec General Electric pour produire ce matériel, ce qui était faux. Comme beaucoup d'entrepreneurs, Bushnell ne se gênait pas pour déformer la réalité afin de motiver les gens. « Je me suis dit que ça serait un excellent programme d'entraînement pour Al²⁰. »

Alcorn acheva en quelques semaines le câblage d'un prototype, qui fut prêt début septembre 1972. Avec son sens juvénile du divertissement, il trouva des améliorations qui transformèrent le bip monotone de la balle rebondissant d'une raquette à l'autre en quelque chose d'amusant. Il divisa la surface des raquettes en huit secteurs, si bien que lorsque la balle frappait la raquette en plein centre elle rebondissait à angle droit et qu'elle prenait de plus en plus la tangente en se rapprochant du bord. Ce qui ajoutait au jeu de la difficulté et un intérêt tactique. Il créa aussi un tableau d'affichage du score. Et, dans un coup de génie, il ajouta une simulation convaincante du choc mat de l'impact – *thunk !* – produite par le générateur synchrone pour enrichir l'expérience. Avec un téléviseur Hitachi noir et blanc à soixante-quinze dollars comme moniteur, Alcorn câbla le tout à

l'intérieur d'une ébénisterie d'un mètre vingt de haut. À l'instar de *Computer Space*, le jeu ne recourait pas à un microprocesseur ni à la moindre ligne de code ; tout était réalisé par matériel avec le type de logique numérique utilisée par les ingénieurs en télévision. Puis il rajouta un monnayeur récupéré sur un vieux billard électrique, et une star était née²¹. Bushnell l'appela *Pong*.

L'un des traits les plus ingénieux de *Pong* était sa simplicité. *Computer Space* avait exigé des instructions complexes ; il y avait suffisamment de directives sur son écran d'accueil (par exemple, « il n'y a pas de pesanteur dans l'espace ; la vitesse de la fusée ne peut être modifiée que par la poussée du moteur ») pour plonger dans l'embarras un informaticien. *Pong*, en revanche était assez simple pour qu'un pilier de bar bourré à la bière ou un étudiant de deuxième année défoncé puisse le comprendre après minuit. Il n'y avait qu'une seule instruction : « Pour améliorer votre score, évitez de taper à côté de la balle. » Consciemment ou pas, Atari avait relevé l'un des défis d'ingénierie les plus importants de l'ère numérique : créer des interfaces utilisateur qui soient radicalement simples et intuitives.

Bushnell était tellement satisfait de la création d'Alcorn qu'il décida qu'elle devrait être autre chose qu'un simple exercice : « J'ai changé d'avis dès qu'on a vraiment commencé à s'amuser avec, quand on s'est surpris à y jouer pendant une heure ou deux après le boulot tous les soirs²². » Il prit l'avion pour Chicago et essaya de persuader Bally Midway d'accepter *Pong* à la place de la course de voitures dans le cadre de leur contrat. Mais Bally Midway, qui se méfiait des jeux exigeant deux partenaires, déclina la proposition.

Or la chance tourna en faveur d'Atari. Pour tester *Pong*, Bushnell et Alcorn installèrent le prototype à l'Andy Capp's Tavern, un bar à bière typique – coquilles de cacahuètes sur le plancher et flippers dans l'arrière-salle – de la ville ouvrière de Sunnyvale. Au bout d'un jour ou deux, le gérant du bar appela Alcorn pour se plaindre que la machine était en panne. Il fallait qu'il vienne la réparer d'urgence, parce qu'elle avait eu un succès surprenant. Alcorn ne se fit pas prier pour se déplacer. Dès qu'il ouvrit la machine, il découvrit la source du problème : le monnayeur était tellement plein de pièces de vingt-cinq cents qu'il était bloqué. Il débordait même, et les pièces cascadaient sur le plancher²³.

Bushnell et Alcorn comprirent qu'ils avaient un gagnant sous la main. Une machine ordinaire rapportait en moyenne dix dollars par jour ; *Pong* en rapportait quarante. Soudain, le refus de Bally devint comme une bénédiction. L'entrepreneur pur et dur se réveilla chez Bushnell : il décida qu'Atari allait fabriquer le jeu pour son propre

compte, alors même que la société n'avait ni matériel ni financement.

Bushnell prit le risque d'amorcer lui-même toute l'opération : il la financerait, autant que possible, avec le cash-flow dégagé par les ventes. Il vérifia l'état de son compte en banque, divisa le solde par les deux cent quatre-vingts dollars du prix de revient de chaque machine, et trouva qu'au départ il pouvait en fabriquer treize. « Mais treize portait malheur, alors nous avons décidé d'en faire douze²⁴. »

Bushnell sculpta dans l'argile un modèle réduit de la coque de la console, puis l'apporta à un fabricant de bateaux qui commença à produire des coques en fibre de verre. Il fallait juste une semaine pour fabriquer un jeu complet, et quelques jours supplémentaires pour le vendre neuf cents dollars, si bien qu'avec un bénéfice de six cent vingt dollars Bushnell avait une marge brute d'autofinancement pour continuer. Une partie des premiers bénéfices fut investie dans une brochure publicitaire où une séduisante jeune femme en déshabillé vaporeux enlaçait la console. « Nous l'avons recrutée au bar topless au bout de la rue », expliqua Bushnell quarante ans plus tard à un auditoire de sages lycéens que son récit laissa perplexes et qui apparemment ne savaient pas trop ce qu'était un bar topless²⁵.

Le capital-risque, fraîchement importé à Silicon Valley avec le financement d'Intel par Arthur Rock, n'était pas disponible pour une société proposant de faire des jeux vidéo, qui n'étaient pas encore un produit connu et qu'on associait mentalement à l'industrie mafieuse des machines à sous et jeux automatiques^{*1}. Les banques soulevaient elles aussi des objections quand Bushnell, mine de rien, leur demandait un prêt. Seul Wells Fargo se distingua en lui accordant une ligne de crédit de cinquante mille dollars, ce qui était très en dessous de ce qu'il avait demandé.

Avec cet argent, Bushnell ouvrit un atelier de production à Santa Clara, dans une piste de patin à roulettes abandonnée, à quelques blocs du bureau d'Atari. Les consoles *Pong* n'étaient pas assemblées sur une chaîne de montage, mais à même le plancher, par de jeunes ouvriers qui s'affairaient à y introduire les divers composants. Ces ouvriers étaient des chômeurs enrôlés dans les agences pour l'emploi locales. Après avoir éliminé les recrues qui étaient héroïnomanes ou volaient les moniteurs, l'atelier passa rapidement à la grande série. Au début, il produisait dix consoles par jour, mais au bout de deux mois il en fabriquait presque une centaine. La rentabilité progressa elle aussi : le prix de revient de chaque jeu était maintenu à trois cents dollars et des poussières, mais le prix de vente fut porté à mille deux cent dollars.

L'ambiance était celle à laquelle on pouvait s'attendre de la part des

joyeux farceurs Bushnell et Alcorn, qui n'avaient pas encore trente ans, et elle passa au niveau supérieur en adoptant le style décontracté des start-up de Silicon Valley. Tous les vendredis, il y avait une soirée bière et une fumette collective, parfois couronnées par un bain de minuit naturiste, surtout quand les quotas de production de la semaine avaient été atteints. « Nous avons découvert que nos employés aimaient autant faire la fête pour arroser les quotas que recevoir une prime », expliquait Bushnell.

Lui-même s'acheta une belle demeure dans les collines de Los Gatos, non loin de Santa Clara, où il lui arrivait d'organiser des réunions du conseil d'administration ou des soirées avec ses employés dans son bain à remous. Chaque fois qu'il faisait construire une nouvelle usine, il décrétait qu'elle devait comporter un bain à remous. « C'était un outil de recrutement, soulignait-il. Nous avons découvert que notre style de vie et nos fêtes étaient un atout énorme pour attirer des collaborateurs. Si nous essayions de recruter quelqu'un, nous l'invitions à l'une de nos fêtes²⁶. »

En plus d'être un outil de recrutement, la culture d'entreprise chez Atari était un prolongement naturel de la personnalité de Bushnell. Mais ce n'était pas seulement une complaisance égocentrique. Elle se fondait sur une philosophie inspirée du mouvement hippie et qui contribuerait à définir Silicon Valley. Elle fonctionnait sur certains principes de base : il fallait contester l'autorité, circonvenir les hiérarchies, admirer le non-conformisme et encourager la créativité. Contrairement à ce qui était de règle dans les entreprises de la côte Est, il n'y avait pas d'horaires fixes et pas de code vestimentaire, que ce soit au bureau ou dans le bain à remous. « À l'époque, chez IBM, vous étiez obligé de porter une chemise blanche, un pantalon sombre et une cravate noire, avec un badge épinglé à l'épaule ou je ne sais quoi, explique Steve Bristow, ingénieur. Chez Atari, le travail qu'on faisait comptait plus que la présentation²⁷. »

Le succès de *Pong* suscita une action en justice de la part de Magnavox, qui commercialisait l'Odyssey, la console pour téléviseur sur laquelle Bushnell avait joué lors d'un salon spécialisé. Le jeu de Magnavox avait été élaboré en externe par un ingénieur, Ralph Baer. Il ne pouvait pas prétendre en avoir inventé le concept ; il datait au bas mot de 1958, quand William Higinbotham, au Laboratoire national de Brookhaven, avait connecté un oscilloscope à un ordinateur analogique pour faire rebondir un point lumineux dans ce qu'il avait appelé « Tennis pour Deux ». Seulement Baer était l'un de ces innovateurs qui, à l'instar d'Edison, estimaient que le dépôt de

brevets était un élément capital du processus d'invention. Il en possédait soixante-dix, dont certains couvraient les divers aspects de ses jeux. Au lieu de se défendre devant un tribunal, Bushnell trouva une idée ingénieuse pour un arrangement qui bénéficiait aux deux parties. Il déboursa la somme forfaitaire relativement modeste de sept cent mille dollars pour jouir du droit perpétuel de fabriquer le jeu, à condition que Magnavox fasse respecter ses brevets et exige en droits d'exploitation un pourcentage sur les recettes de toutes les autres sociétés, y compris les anciens partenaires de Bushnell, Bally Midway et Nutting Associates, qui voudraient fabriquer des jeux similaires. Ce qui avantageait Atari par rapport à la concurrence.

L'innovation exige au moins trois choses : une bonne idée, le talent et l'ingénierie pour la mettre en œuvre, et le sens des affaires (plus la bosse de la négociation) pour la transformer en un produit réussi. Nolan Bushnell décrocha le gros lot à vingt-neuf ans, aussi est-ce lui, et non Bill Pitts, Hugh Tuck, Bill Nutting ou Ralph Baer, qui restera dans l'Histoire comme l'innovateur qui a lancé l'industrie des jeux vidéo. « Je suis fier de la manière dont nous avons mis au point *Pong*, mais je suis encore plus fier de la manière dont j'ai calculé mon coup et mis au point la partie commerciale de l'affaire, déclara-t-il. Concevoir le jeu, c'était facile. Lancer la société sans argent, ça, c'était difficile²⁸. »



J.C.R. Licklider (1915-1990).



Bob Taylor (né en 1932).



Larry Roberts (né en 1937).

*1. Trois ans plus tard, en 1975, lorsqu'Atari décida de fabriquer une version de salon de *Pong*, le capital-risque s'était enflammé, et Bushnell put obtenir un financement de vingt millions de dollars chez Don Valentine, qui venait de fonder Sequoia Capital. Sequoia a contribué au lancement d'Atari, et vice versa.

7.

Internet

Le triangle de Vannevar Bush

Les innovations portent souvent la marque des organisations qui les ont créées. Le cas d'Internet est particulièrement intéressant, car il a été construit par l'association de trois groupes : les militaires, les universités et l'industrie. Ce qui rendit ce processus encore plus fascinant, c'est qu'il ne s'agissait pas seulement d'un consortium assez lâche où chaque groupe poursuivait ses propres objectifs. Au lieu de quoi, pendant la Seconde Guerre mondiale et après, ces trois groupes avaient fusionné en un triangle de fer : le complexe militaro-industriel et universitaire.

La personne responsable au premier chef de cet assemblage était Vannevar Bush, ce professeur du MIT qui avait construit en 1931 l'analyseur différentiel, le calculateur analogique primitif décrit au chapitre 2¹. Bush était l'homme qu'il fallait, parce qu'il était une star dans les trois domaines : doyen de l'École d'ingénierie du MIT, cofondateur de l'entreprise d'électronique Raytheon et administrateur scientifique suprême de l'armée pendant la Seconde Guerre mondiale. « Aucun Américain n'a exercé une plus grande influence sur la croissance de la science et de la technologie que Vannevar Bush », proclama plus tard Jerome Wiesner, président du MIT, en ajoutant que « son innovation la plus significative a été le plan en vertu duquel, au lieu d'édifier de grands laboratoires gouvernementaux, l'État a passé des contrats avec des universités et des laboratoires industriels² ».

Vannevar Bush naquit près de Boston en 1890 ; il était le fils d'un

pasteur de l'Église universaliste qui avait commencé sa carrière comme cuistot sur un sloop gréé pour la pêche au maquereau. Ses deux grands-pères étaient capitaines de baleinier, ce qui lui inculqua un bon sens marin et une franchise qui contribuèrent à faire de lui un gestionnaire résolu et un administrateur charismatique. Comme bien des gagnants de l'industrie technologique, il excellait à la fois dans l'ingénierie des produits et la prise rapide de décisions. « Tous mes ancêtres récents étaient capitaines de bateau et en mer on sait gérer une situation sans se poser de questions, dit-il un jour. Et j'ai donc hérité d'une certaine tendance à mener la barque une fois que je suis dedans³. »

Et comme beaucoup de bons leaders de l'industrie technologique, il grandit dans l'amour conjoint des humanités et des sciences. Il pouvait citer Kipling et Omar Khayyam « au kilomètre », il jouait de la flûte, adorait les symphonies et lisait de la philosophie pour le plaisir. Sa famille avait elle aussi un atelier au sous-sol, où il construisait des petits bateaux et des jouets mécaniques. Comme *Time* le signala plus tard dans son style inimitable de l'époque : « Mince, l'œil vif, le pied marin, Van Bush est un Yankee dont l'amour de la science a commencé, comme pour beaucoup de jeunes Américains, par sa passion du bricolage et des gadgets⁴. »

Il étudia à l'université Tufts, où il construisit à ses moments perdus une machine topographique qui utilisait deux roues de bicyclette et un pendule pour suivre le contour d'une surface et en calculer l'aire, et était donc un dispositif analogique pour faire du calcul intégral. Il déposa un brevet pour cette invention, le premier des quarante-neuf qu'il accumulerait ultérieurement. Pendant son séjour à Tufts, lui-même et les colocataires de sa résidence universitaire conseillèrent une série de petites sociétés puis, après avoir obtenu leurs diplômes, fondèrent Raytheon, qui deviendrait une firme d'électronique et un fournisseur militaire tentaculaire.

Bush obtint un doctorat en ingénierie électronique conjointement du MIT et de Harvard, puis devint professeur au MIT et doyen de l'école d'ingénierie, où il construisit son analyseur différentiel. Sa passion était de promouvoir le rôle de la science et de la technologie dans la société américaine, à une époque, le milieu des années 1930, où apparemment il ne se passait pas grand-chose d'excitant dans un domaine comme dans l'autre. Le téléviseur n'était pas encore un produit de consommation et, parmi les inventions qui furent placées dans la capsule temporelle lors de l'Exposition universelle de New York en 1939, les plus notables étaient une montre Mickey et un rasoir de sûreté Gillette. La Seconde Guerre mondiale allait changer tout cela et déclencher une explosion de technologies nouvelles, avec

Vannevar Bush en avant-garde.

Craignant que l'armée américaine accuse un retard technologique, il mobilisa le président de Harvard, James Bryant Conant, et d'autres éminents scientifiques afin de convaincre le président Franklin Roosevelt de constituer la Commission pour la recherche de la défense nationale (NDRC) puis le Bureau de la recherche et du développement scientifique (OSRD), qu'il présida tous les deux. Crayon en main, son éternelle pipe à la bouche, il supervisa le Projet Manhattan pour construire la bombe atomique en même temps que des projets pour développer le radar et des systèmes de défense anti-aérienne. *Time* le surnomma le « général de la physique » sur sa couverture du 3 avril 1944. « Si nous avions été à la hauteur en technologie militaire dix ans plus tôt, déclarait-il au journaliste en martelant son bureau du poing, nous n'aurions probablement jamais eu cette fichue guerre⁵. »

Avec son style direct tempéré par un caractère chaleureux, c'était un chef dur, mais attachant. Un jour, un groupe de scientifiques militaires, frustrés par un problème bureaucratique quelconque, entrèrent dans son bureau pour démissionner. Bush n'arrivait pas à cerner la nature de l'embrouille. « Alors, raconte-t-il, je leur ai carrément dit : “On ne démissionne pas en temps de guerre. Foutez-le camp d'ici, les gars, retournez au boulot, et moi je vais m'occuper de l'affaire⁶.” » Ils obéirent. Comme le fit remarquer plus tard Jerome Wiesner du MIT, « c'était un homme aux opinions fortement ancrées, qu'il exprimait et appliquait vigoureusement, et pourtant il éprouvait un grand respect devant les mystères de la nature, manifestait une chaleureuse tolérance des faiblesses de la nature humaine et était ouvert au changement⁷. »

En juillet 1945, quand la guerre fut terminée, Vannevar Bush produisit à la demande de Roosevelt un rapport (finalement remis au président Harry Truman) qui préconisait le financement par le gouvernement de la recherche fondamentale en partenariat avec les universités et l'industrie. Il choisit un titre évocateur et typiquement américain : « La science, frontière sans fin ». L'introduction de Bush mérite d'être relue chaque fois que des politiciens menacent de couper les subventions de la recherche nécessaire aux innovations futures : « La recherche fondamentale conduit à des connaissances nouvelles. Elle fournit du capital scientifique. Elle crée la base dont toutes les applications pratiques du savoir doivent être tirées.⁸ »

Sa description de la manière dont la recherche fondamentale fournit le germe des inventions pratiques a été baptisée le « modèle linéaire de l'innovation ». Bien que des vagues subséquentes d'historiens des sciences aient cherché à discréditer le modèle linéaire, lui reprochant

d'ignorer l'interaction complexe entre la recherche théorique et les applications pratiques, il avait un attrait populaire et correspondait aussi à une vérité sous-jacente. La guerre, écrivait Bush, avait « clairement montré qu'il ne faisait pas de doute » que la science fondamentale – la découverte des fondements de la physique nucléaire, du laser, de l'informatique, du radar – « est absolument essentielle à la sécurité nationale ». Elle était aussi, ajoutait-il, cruciale pour la sécurité économique des États-Unis. « De nouveaux produits et de nouveaux procédés ne naissent pas tout armés. Ils sont fondés sur de nouveaux principes et de nouvelles conceptions, qui sont à leur tour minutieusement développés par des recherches dans les domaines les plus purs de la science. Une nation qui dépend des autres pour enrichir de nouveautés ses connaissances scientifiques fondamentales sera lente dans son progrès industriel et faible dans sa compétitivité sur le marché du commerce mondial. » À la fin de son rapport, Bush prenait des accents lyriques pour chanter les louanges des retombées pratiques de la recherche scientifique fondamentale : « Les avancées scientifiques, une fois traduites dans l'usage pratique, signifient plus d'emplois, de meilleurs salaires, des horaires moins chargés, des récoltes plus abondantes, plus de temps libre pour les loisirs, pour l'étude, pour apprendre comment vivre sans le travail abrutissant qui a été par le passé le fardeau du citoyen ordinaire.⁹ »

Inspiré par ce rapport, le Congrès créa la National Science Foundation. Au début, Truman mit son veto à la loi correspondante parce qu'elle stipulait que le directeur de la NSF serait nommé par un organe indépendant et non par le président. Mais Vannevar Bush fit changer Truman d'avis en lui expliquant que cette solution l'isolerait des gens cherchant à obtenir des faveurs politiques. « Van, vous devriez faire de la politique, lui dit Truman. Vous avez certains des instincts nécessaires. » À quoi Bush répondit : « Monsieur le président, qu'est-ce que vous croyez que je fiche à Washington depuis cinq ou six ans¹⁰ ? »

La création d'une relation triangulaire entre le gouvernement, l'industrie et l'université fut à sa manière l'une des innovations significatives qui contribuèrent à produire la révolution technologique de la fin du xx^e siècle. Le ministère de la Défense (ex-ministère de la Guerre) et la National Science Foundation devinrent bientôt les principaux bailleurs de fonds pour une grande partie de la recherche fondamentale aux États-Unis et dépensèrent autant que le secteur privé entre 1950 et 1990^{*1}. Le rendement de cet investissement fut considérable et favorisa la naissance non seulement d'Internet, mais aussi de nombreux piliers de l'innovation et du boom économique dans l'Amérique de l'après-guerre¹¹.

Il existait avant la guerre quelques centres de recherche du secteur privé, en particulier les laboratoires Bell. Mais quand l'appel solennel de Vannevar Bush eut produit des encouragements et des contrats du gouvernement fédéral, des centres de recherche hybrides commencèrent à proliférer. Notamment la RAND Corporation, fondée à l'origine pour la recherche et le développement (*Research AND Development*) au service de l'armée de l'air, le Stanford Research Institute (SRI) et son prolongement l'Augmentation Research Center, et le Xerox PARC (pour *Palo Alto Research Center*). Tous joueraient un rôle dans le développement d'Internet.

Deux des plus importants de ces instituts naquirent autour de Cambridge, au Massachusetts, juste après la guerre : l'institut Lincoln, un centre de recherche financé par l'armée et affilié au MIT, et Bolt, Beranek & Newman (BBN), une société de recherche et de développement fondée et peuplée par des ingénieurs du MIT (et quelques-uns de Harvard). Un professeur du MIT doté d'un accent traînant du Missouri et d'une sympathique aptitude à la formation d'équipes était étroitement associé à ces deux établissements.

J. C. R. Licklider

Qui chercherait les pères fondateurs d'Internet serait bien avisé de commencer par un psychologue et technologue, laconique mais bizarrement charmant, avec un sourire franc et un certain scepticisme, Joseph Carl Robnett Licklider, né en 1915, que tout le monde appelait « Lick ». Il a fait œuvre de pionnier en introduisant les deux plus importants concepts sous-jacents à Internet : des réseaux décentralisés qui permettraient la diffusion de l'information en direction et à partir de n'importe quel lieu, et des interfaces qui faciliteraient l'interaction humain-machine en temps réel. En outre, il était le directeur fondateur du bureau militaire qui finança ARPANET, et il y reprit du service une décennie plus tard quand des protocoles furent créés pour tisser à partir d'ARPANET la toile qui deviendrait Internet. Comme l'a dit l'un de ses associés et protégés, Bob Taylor : « Il était vraiment le père de tout ça¹². »

Le père de Licklider était un pauvre journalier agricole du Missouri qui réussit comme représentant en assurances à Saint-Louis, puis, laissé pour compte par la Dépression, se reconvertit en pasteur baptiste dans une minuscule bourgade rurale. Fils unique choyé, Lick transforma sa chambre en un atelier de production d'avions modèle réduit et reconstruisit des vieilles voitures dans le jardin avec sa mère à côté de lui pour lui tendre les outils. Il se sentait néanmoins piégé dans cette région rurale isolée pleine de clôtures en fil de fer barbelé.

Il s'échappa d'abord pour étudier à l'université Washington de Saint-Louis ; ensuite, après avoir obtenu un doctorat en psychoacoustique (la science qui étudie notre perception des sons), il entra au laboratoire de psychoacoustique de Harvard. S'intéressant de plus en plus à la relation entre la psychologie et la technologie, à l'interaction entre le cerveau humain et les machines, il quitta Harvard pour le MIT, où il inaugura une section de psychologie basée au département d'ingénierie électrique.

Au MIT, Licklider rejoignit le milieu éclectique des ingénieurs, psychologues et humanistes rassemblés autour du professeur Norbert Wiener, un théoricien qui étudiait comment humains et machines travaillaient ensemble. C'est lui qui créa le terme *cybernétique*, la science décrivant comment n'importe quel système, depuis le cerveau humain jusqu'au mécanisme de pointage d'une pièce d'artillerie, apprend à partir de communications, de boucles de commande et de rétroaction. « Il y a eu un fantastique ferment intellectuel à Cambridge après la Seconde Guerre mondiale, raconte Licklider. Wiener gérait un cercle hebdomadaire de quarante ou cinquante personnes qui s'étaient regroupées. On se réunissait et on parlait pendant deux heures. J'étais un des fidèles adhérents¹³. »

Contrairement à certains de ses collègues du MIT, Wiener estimait que la voie la plus prometteuse pour l'informatique était de concevoir des machines qui puissent bien travailler avec l'esprit humain au lieu d'essayer de le remplacer. « Beaucoup de gens supposent que les machines à calculer sont des substituts de l'intelligence et ont réduit le besoin de pensée originale, écrivait Wiener. Ce n'est pas le cas¹⁴. » Plus l'ordinateur sera puissant, plus il sera avantageux de le connecter avec une pensée humaine imaginative, créative et de haut niveau. Licklider se rangea à cette conception, qu'il appellerait plus tard la « symbiose homme-machine ».

Licklider avait un humour malicieux mais bon enfant. Il adorait regarder les Trois Stooges et avait un penchant de potache pour les gags visuels. Parfois, quand un collègue était sur le point de présenter un diaporama, Licklider glissait en douce la photo d'une jolie femme dans le panier du projecteur. Au travail, il faisait le plein d'énergie en se gavant continuellement de Coca-Cola et de bonbons tirés des distributeurs automatiques ; il donnait des barres chocolatées Hershey comme récompenses à ses enfants et à ses étudiants. Il était aussi dévoué à ses étudiants de troisième cycle, qu'il invitait à dîner chez lui à Arlington, dans la banlieue de Boston. « Pour lui, tout se ramenait à la collaboration, disait son fils Tracy. Il se promenait un peu partout en créant au passage des îlots de gens qu'il encourageait à être curieux et à résoudre des problèmes. » C'était l'une des raisons qui le

poussèrent à s'intéresser aux réseaux. « Il savait que pour avoir de bonnes réponses il fallait compter sur des collaborations lointaines. Il adorait dénicher des gens talentueux et les réunir pour faire des équipes¹⁵. »

Sa convivialité ne s'étendait toutefois pas aux personnages prétentieux ou pompeux (à l'exception de Norbert Wiener). Quand il pensait qu'un orateur se répandait en absurdités, il se levait et posait des questions apparemment innocentes, mais qui étaient en fait des pièges diaboliques. Quelques instants plus tard, le conférencier se rendait compte qu'il avait été ridiculisé et Licklider se rasseyait. « Il n'aimait pas les poseurs et les prétentieux, confirme Tracy Licklider. Il n'était jamais méchant, mais il dégonflait adroitement les prétentions des gens. »

L'une des passions de Licklider était l'art. Où qu'il voyage, il passait des heures dans les musées, où il traînait parfois ses deux enfants récalcitrants. « Il en est devenu dingue, raconte Tracy, il n'en avait jamais assez. » Parfois il passait cinq heures ou plus dans un musée à s'émerveiller de chaque coup de pinceau, analyser la composition de chaque tableau et tenter d'appréhender ce qu'il nous enseignait sur la créativité. Il repérait instinctivement le talent dans tous les domaines, mais il avait le sentiment qu'il était le plus facilement visible dans ses formes les plus pures, comme la touche d'un peintre ou le refrain mélodique d'un compositeur. Il disait qu'il cherchait les mêmes touches créatives dans les plans des ingénieurs en informatique ou en réseautique. « Il est devenu un détecteur de créativité vraiment compétent. Il discutait souvent de ce qui rendait les gens créatifs. Il avait l'impression que c'était plus facile à voir chez un peintre, alors il a fait encore plus d'efforts pour le repérer dans l'ingénierie, où l'on ne peut pas voir les coups de pinceau aussi rapidement¹⁶. »

Et, par-dessus tout, Licklider était généreux. D'après son biographe Mitchell Waldrop, quand il travaillait au Pentagone plus tard dans sa carrière, il remarqua un soir que la femme de ménage admirait les reproductions de tableaux qui décoraient son mur. Elle lui dit : « Vous savez, docteur Licklider, je fais toujours votre pièce en dernier, parce que j'aime avoir un peu de temps pour moi toute seule, sans rien qui presse, pour regarder les tableaux. » Il lui demanda lequel lui plaisait le plus, et elle indiqua la reproduction d'un Cézanne. Licklider fut transporté de joie, car c'était son tableau favori, et lui en fit promptement cadeau¹⁷.

Licklider pensait que son amour de l'art le rendait plus intuitif. Il pouvait traiter une large gamme d'informations et en déduire des schémas. Une autre de ses qualités, qui le servirait bien quand il

aiderait à constituer l'équipe qui jetterait les bases d'Internet, était qu'il adorait partager des idées sans en revendiquer à tout prix la paternité. Son ego était si docile qu'on avait l'impression qu'il aimait mieux mettre à disposition d'autrui les idées développées dans une conversation que tenter de se les approprier. « En dépit de sa très considérable influence sur l'informatique, Lick était resté modeste, explique Bob Taylor. Son type préféré de plaisanterie était celle dont il était la cible¹⁸. »

Le temps partagé et la symbiose homme-ordinateur

Au MIT, Licklider collabora avec le pionnier de l'intelligence artificielle John McCarthy, dans le laboratoire duquel les bidouilleurs du Tech Model Railway Club avaient inventé *Spacewar*. Sous la direction de McCarthy, ils aidèrent à développer des systèmes de temps partagé en informatique pendant les années 1950.

Jusqu'alors, quand vous vouliez qu'un ordinateur exécute une tâche, il fallait soumettre un paquet de cartes perforées ou une bande magnétique aux opérateurs de la machine, à la manière d'une offrande présentée aux prêtres qui gardaient jalousement un oracle. C'était le « traitement séquentiel » (*batch processing*, littéralement « traitement par lots ») et c'était une corvée ennuyeuse. Il pouvait s'écouler des heures voire des jours entiers avant que vous puissiez récupérer les résultats ; la moindre erreur risquait de vous obliger à soumettre les cartes ou la bande à un nouveau traitement ; et il se pouvait que vous n'ayez pas la possibilité de manipuler ni même de voir l'ordinateur lui-même.

Le temps partagé (*time-sharing*), c'était différent. Il autorisait la connexion d'un grand nombre de terminaux à un même gros ordinateur (*mainframe*), si bien que de nombreux utilisateurs pouvaient entrer directement des instructions au clavier et obtenir une réponse presque immédiatement. Comme un grand maître qui joue simultanément des dizaines de parties d'échecs, la mémoire centrale du gros ordinateur suivait les actions de tous les utilisateurs, et son système d'exploitation multitâches était capable de faire tourner simultanément de nombreux programmes. Ce qui fournissait aux utilisateurs une expérience enchantée : on pouvait avoir une interaction au clavier et en temps réel avec un ordinateur, comme une conversation. « Il s'était créé parmi nous une sorte de petite religion inspirée par la conviction que cela allait être totalement différent du traitement séquentiel », raconte Licklider¹⁹.

Ce fut une étape décisive vers un partenariat direct ou une symbiose

entre l'humain et l'ordinateur. Si l'on en croit Bob Taylor, « l'invention de l'informatique interactive grâce au temps partagé a été encore plus importante que l'invention de l'informatique elle-même. Le traitement séquentiel, c'était comme si on échangeait des lettres avec quelqu'un, tandis que l'informatique interactive, c'était comme si on lui parlait²⁰. »

L'importance de l'informatique interactive se manifesta au laboratoire Lincoln, le centre de recherche financé par l'armée que Licklider aida à créer au MIT en 1951. C'est là qu'il forgea une équipe composée à moitié de psychologues et à moitié d'ingénieurs pour examiner comment les humains pourraient interagir plus intuitivement avec les ordinateurs et comment les informations pourraient être présentées avec une interface plus conviviale.

L'une des missions du laboratoire Lincoln était de développer des ordinateurs pour un système de défense anti-aérienne qui fournirait une alerte avancée en cas d'attaque ennemie et coordonnerait une riposte. Connu sous l'appellation anodine de SAGE, pour *Semi-Automatic Ground Environment* – « environnement au sol semi-automatique » –, il coûta plus d'argent et employa plus de personnel que le Projet Manhattan qui avait construit la bombe atomique. Pour fonctionner, le système SAGE avait besoin de permettre à ses utilisateurs d'avoir des interactions instantanées avec ses ordinateurs. Lorsqu'un missile ou un bombardier était en route, il n'y aurait pas le temps de traiter les calculs séquentiellement.

Le système SAGE comprenait vingt-trois centres de détection et de poursuite d'un bout à l'autre des États-Unis, connectés entre eux par des lignes téléphoniques à longue distance. Il était en mesure de diffuser des informations à jusqu'à quatre cents avions de chasse en même temps. Ce qui exigeait de puissants ordinateurs interactifs, des réseaux à même de transmettre de vastes quantités d'informations et des affichages capables de présenter ces informations sous une forme graphique et facile à comprendre. À cause de sa formation de psychologue, c'est à Licklider qu'on eut recours pour aider à élaborer les interfaces humain-machine (ce que les utilisateurs voyaient sur l'écran). Il formula un ensemble de théories sur les diverses manières de cultiver une symbiose, un partenariat intime qui permettrait aux humains et aux machines de coopérer pour résoudre des problèmes. Il attribuait une grande importance à la recherche de méthodes pour transmettre visuellement des situations en évolution constante : « Nous voulions des méthodes pour sauvegarder la situation aérienne pendant plusieurs secondes successives, pour reproduire les trajectoires sous forme de lignes et non de spots ponctuels et pour colorer les tracés de façon à pouvoir dire quelle était l'information

récente et dans quelle direction l'objet se déplaçait²¹. » Le sort de l'Amérique pouvait dépendre de la capacité d'un servant de console à évaluer correctement les données et à réagir immédiatement.

Les ordinateurs interactifs, les interfaces intuitives et les réseaux à grande vitesse de transfert prouvaient qu'humains et machines pouvaient travailler ensemble dans un partenariat collaboratif, et Licklider imagina les moyens d'y parvenir pour autre chose que des systèmes de défense anti-aérienne. Il commença à parler de ce qu'il appelait « un système vraiment SAGE » qui connecterait en réseau non seulement les centres de défense anti-aérienne, mais aussi des « centres pensants » comprenant de vastes bibliothèques de connaissances, avec lesquels les gens pourraient interagir sur des consoles munies d'affichages conviviaux – autrement dit, l'univers numérique que nous avons aujourd'hui.

Ces idées formèrent la base d'un des articles les plus influents de l'histoire de la technologie d'après-guerre, intitulé « La symbiose homme-machine », que Licklider publia en 1960 : « Espérons que dans un avenir pas trop éloigné les cerveaux humains et les ordinateurs seront très étroitement accouplés, et que le partenariat ainsi obtenu pensera comme nul cerveau humain n'a encore jamais pensé et traitera des informations d'une manière dont sont encore très loin les machines informatiques que nous connaissons aujourd'hui. » Cette sentence mérite d'être relue, car elle est devenue l'un des concepts fondateurs de l'ère numérique²².

Licklider se rangea du côté de Norbert Wiener, dont la théorie de la cybernétique était fondée sur le travail en commun des humains et des machines, plutôt que celui de leurs collègues du MIT Marvin Minsky et John McCarthy, dont la quête de l'intelligence artificielle impliquait la création de machines capables d'apprendre toutes seules et d'imiter la cognition humaine. Ainsi que l'expliquait Licklider, l'objectif raisonnable était de créer un environnement dans lequel humains et machines « coopèrent dans la prise de décisions ». Autrement dit, ils s'enrichiraient mutuellement. « Les humains fixeront les objectifs, formuleront les hypothèses, détermineront les critères et feront les évaluations. Les machines informatiques accompliront les tâches répétitives qu'il faut faire afin de préparer le terrain pour les intuitions et les décisions dans la pensée technique et scientifique. »

Le réseau informatique intergalactique

En combinant ses intérêts pour la psychologie et l'ingénierie, Licklider se concentra encore plus sur l'informatique. Ce qui le

conduisit en 1957 à rejoindre la jeune société Bolt, Beranek & Newman (BBN), établie à Cambridge, une entreprise de recherche mi-commerciale, mi-universitaire où travaillaient déjà nombre de ses amis. Comme les laboratoires Bell à l'époque de l'invention du transistor, BBN rassembla des talents divers – des théoriciens, des ingénieurs, des techniciens, des informaticiens, des psychologues et, à l'occasion, un colonel de l'armée de terre²³.

L'une des missions de Licklider chez BBN consistait à mener une équipe chargée de trouver comment l'informatique pourrait transformer les bibliothèques. Il dicta son rapport final « Bibliothèques du futur » en cinq heures, assis au bord de la piscine pendant un congrès à Las Vegas²⁴. Il y explorait le potentiel « de dispositifs et de techniques permettant l'interaction homme-ordinateur en ligne », concept qui présageait Internet. Licklider envisageait la constitution par accumulation d'une gigantesque base de données qui soit gérée et élaguée de façon à ce qu'elle « ne devienne pas trop diffuse, trop écrasante ou trop peu fiable ».

Dans un passage pittoresque de son rapport, il présentait un scénario de fiction dans lequel il posait des questions à l'ordinateur. Il imagine ainsi l'activité de la machine : « Au cours du week-end, elle a récupéré plus de dix mille documents, les a examinés pour y trouver des sections riches en informations pertinentes, puis a analysé lesdites sections pour en faire des énoncés formalisés en calcul des prédicats de premier ordre et a introduit ces énoncés dans la base de données. » Licklider était conscient que la démarche qu'il décrivait finirait par être dépassée : « Il est certain qu'une démarche plus sophistiquée sera faisable avant 1994 », écrivait-il en portant son regard à trois décennies dans l'avenir²⁵. Il était remarquablement prescient. En 1994, les premiers moteurs de recherche à indexation de texte, WebCrawler et Lycos, furent développés pour Internet, bientôt suivis par Excite, Infoseek, AltaVista et Google.

Licklider prédit aussi quelque chose de contraire à l'intuition mais qui s'est avéré juste : que l'information numérique ne remplacerait pas complètement l'imprimerie. « En tant que moyen d'afficher des informations, la page imprimée est superbe. Elle possède assez de résolution pour satisfaire les exigences de l'œil. Elle présente suffisamment d'informations pour occuper le lecteur pendant un quantum de temps pratique. Elle offre une grande flexibilité en matière de polices de caractères et de format. Elle laisse au lecteur la pleine maîtrise du mode et de la vitesse d'inspection. Elle est d'encombrement réduit, légère, déplaçable ; on peut la découper, l'agrafer, la coller, la copier, la jeter, et elle ne coûte pas cher²⁶. »

En octobre 1962, tandis qu'il travaillait encore sur son projet de « Bibliothèques du futur », Licklider fut recruté par Washington pour diriger un nouveau bureau dédié au traitement de l'information à l'Agence pour les projets de recherche avancée dépendant du ministère de la Défense, appelée alors ARPA*² (*Advanced Research Projects Agency*). Intégrée au Pentagone, elle était autorisée à financer la recherche fondamentale dans les universités et dans l'industrie, devenant ainsi l'une des nombreuses manières dont le gouvernement mit en application la vision de Vannevar Bush. Il y avait aussi une raison moins abstraite. Le 4 octobre 1957, les Soviétiques avaient lancé *Sputnik I*, le premier satellite artificiel. La connexion que Vannevar Bush avait établie entre la science et la défense nationale scintillait maintenant dans le ciel tous les soirs. Quand les Américains louchaient pour l'apercevoir, ils voyaient aussi que Bush avait raison : la nation qui financerait le mieux la science produirait les meilleures fusées, les meilleurs satellites. Il s'ensuivit une vague salubre d'affolement public.

Le président Eisenhower aimait bien les scientifiques. Leur culture et leur mode de pensée, leur aptitude à être rationnels sans dépendre d'une idéologie avaient pour lui un certain attrait. « L'amour de la liberté impose de préserver toutes les ressources qui rendent cette liberté possible – depuis le caractère sacré de nos familles et la richesse de notre terre jusqu'au génie de nos savants », avait-il proclamé dans son premier discours d'investiture. Il organisa des dîners de scientifiques à la Maison Blanche, comme le feraient plus tard les Kennedy avec les artistes, et en rassembla un grand nombre autour de lui dans des postes de conseillers.

Sputnik fournit à Eisenhower l'occasion de formaliser son ouverture envers les scientifiques. Moins de deux semaines après le lancement du satellite russe, il réunit quinze conseillers scientifiques de haut rang qui avaient travaillé pour le Bureau de la mobilisation pour la défense nationale, et leur demanda, raconte son collaborateur Sherman Adams, « de lui dire où devrait se placer la recherche scientifique dans la structure du gouvernement fédéral²⁷ ». Il rencontra ensuite au petit déjeuner James Killian, le président du MIT, et le nomma conseiller scientifique à plein temps²⁸. En collaboration avec le secrétaire à la Défense, Killian élaborait un plan, annoncé en janvier 1958, pour intégrer l'ARPA au Pentagone ; comme le note l'historien Fred Turner, « l'ARPA représentait une extension des collaborations militaro-universitaires orientées vers la défense nationale qui avaient débuté pendant la Seconde Guerre mondiale²⁹. »

Le bureau interne à l'ARPA que Licklider était appelé diriger s'appelait Recherche en commande et contrôle. Sa mission était d'étudier comment des ordinateurs interactifs pourraient contribuer à faciliter le flux de l'information. Il y avait une autre offre d'emploi pour la conduite d'un groupe qui étudierait les facteurs psychologiques dans la prise de décision militaire. Licklider soutint que ces deux sujets devraient fusionner. « J'ai commencé à exprimer éloquentement mon sentiment : les problèmes du couple commande/contrôle étaient essentiellement des problèmes d'interaction homme-ordinateur », dirait-il plus tard³⁰. Il accepta de se charger des deux tâches et baptisa son groupe mixte Bureau des techniques de traitement de l'information de l'ARPA – IPTO pour *Information Processing Techniques Office*.

Licklider avait beaucoup d'idées passionnantes, surtout sur la manière d'encourager le temps partagé, l'interactivité en temps réel et les interfaces qui faciliteraient la symbiose homme-machine. Toutes convergeaient vers un seul concept : le réseau. Avec son humour pince-sans-rire, il commença à désigner sa vision par l'expression « intentionnellement grandiloquente » de « Réseau informatique intergalactique³¹ ».

Dans une note de service d'avril 1963 adressée aux « membres et affiliés » de ce réseau de rêve, Licklider en décrivit les objectifs : « Considérons la situation dans laquelle plusieurs centres différents sont reliés en réseau [...] N'est-il pas désirable voire nécessaire que tous les centres se mettent d'accord sur un langage ou, du moins, sur quelques conventions pour poser des questions telles que “Quelle langue parlez-vous³² ?” »

Bob Taylor et Larry Roberts

Contrairement à de nombreux autres associés qui firent progresser l'ère numérique, Bob Taylor et Larry Roberts ne furent jamais amis, ni avant ni après leur séjour commun à l'IPTO. Et, de fait, des années plus tard, chacun dénigrerait amèrement la contribution de l'autre. « Larry prétend qu'il a installé le réseau lui-même, ce qui est totalement faux », se plaignit Taylor en 2014. Ne lui faites pas confiance. Je suis désolé pour lui³³. » Pour sa part, Roberts affirme que Taylor est amer parce que son mérite n'a pas été suffisamment reconnu. « Je ne sais pas quel mérite on peut lui reconnaître à part celui de m'avoir recruté. C'est la seule chose importante que Bob ait jamais faite³⁴. »

Mais pendant les quatre années où ils travaillèrent ensemble à

l'ARPA dans les années 1960, Taylor et Roberts se complétèrent à merveille. Taylor n'était pas un brillant scientifique : il n'avait même pas un doctorat. Mais avec sa personnalité affable et persuasive il attirait les talents comme un aimant. Roberts, en revanche, était un ingénieur pur et dur aux façons brusques, à la limite de la sécheresse, qui se chronométrait en essayant différents parcours à pied entre les bureaux du tentaculaire Pentagone. Il ne charmait pas ses collègues, mais il forçait souvent leur respect. Et ses manières directes et brutales faisaient de lui un gestionnaire compétent, même s'il n'était pas aimé. Taylor amadouait les gens, Roberts les impressionnait avec son intellect.

Bob Taylor naquit en 1932 au Texas dans un foyer pour mères célibataires à Dallas, puis fut mis dans le train et expédié dans un orphelinat de San Antonio avant d'être adopté, à l'âge de vingt-huit jours, par un pasteur méthodiste itinérant et son épouse. La famille déménageait tous les deux ou trois ans, au gré des affectations du père, dans des villes comme Uvalde, Ozona, Victoria, San Antonio et Mercedes³⁵. Comme dans le cas de Steve Jobs, autre enfant adopté, les parents de Taylor ne cessaient de souligner qu'il avait été « choisi, trié sur le volet ». Comme il le disait en plaisantant : « Tous les autres parents avaient été obligés de prendre ce qu'ils trouvaient, mais moi j'ai été choisi. C'est probablement ce qui m'a donné une assurance imméritée. » Il lui fallut aussi réapprendre, à chaque déménagement familial, à se créer de nouvelles relations, à apprendre de nouvelles expressions locales et à trouver sa place dans la hiérarchie sociale d'une petite ville. « Vous êtes obligé à chaque fois de vous créer un nouveau cercle d'amis et d'interagir avec un nouvel ensemble de préjugés³⁶. »

Taylor étudia la psychologie expérimentale à la Southern Methodist University de Dallas, servit dans la Marine et décrocha une licence et une maîtrise à l'université du Texas. Pendant qu'il rédigeait une dissertation en psychoacoustique, il fut obligé d'entrer ses données sur des cartes perforées en vue de leur traitement séquentiel par le système informatique de l'université. « J'ai été obligé de trimballer des piles de cartes qui mettaient des jours à être traitées, et ensuite on me disait que j'avais une virgule en trop sur la carte 653 ou un truc de ce genre et qu'il fallait tout refaire. J'étais furieux. » Il se rendit compte qu'il pouvait y avoir une meilleure façon de procéder en lisant l'article de Licklider sur les machines interactives et la symbiose homme-ordinateur, qui suscita chez lui un moment Euréka. « Oui, c'est comme ça que ça devrait être ! », se rappelle-t-il avoir pensé³⁷.

Après avoir enseigné dans un établissement privé et travaillé pour un fournisseur militaire en Floride, Taylor trouva un emploi au siège de la NASA à Washington – il supervisait des recherches sur les affichages de simulateurs de vol. À l'époque, Licklider dirigeait déjà l'IPTO de l'ARPA, où il inaugura une série régulière de rencontres avec des chercheurs gouvernementaux engagés dans des travaux similaires. Lorsque Taylor se présenta fin 1962, Licklider le surprit en manifestant sa connaissance de la dissertation de psychoacoustique qu'il avait écrite à l'université du Texas. (Le directeur de mémoire de Taylor était un ami de Licklider.) « J'étais terriblement flatté, raconte Taylor, alors je suis devenu du jour au lendemain un admirateur et un très bon ami de Lick. »

Taylor et Licklider voyageaient parfois ensemble pour se rendre à des congrès, ce qui cimenta encore plus leur amitié. Lors d'un voyage en Grèce en 1963, Licklider emmena Taylor dans un des musées d'Athènes et lui montra sa technique personnelle pour étudier les coups de pinceau d'un peintre en regardant le tableau de biais. Dans un café, tard le même soir, Taylor fut invité à se joindre aux musiciens à qui il apprit à jouer des chansons de Hank Williams³⁸.

Contrairement à certains ingénieurs, Licklider comme Taylor comprenaient le facteur humain : ils avaient étudié la psychologie, avaient le sens du contact et appréciaient l'art et la musique. Il arrivait parfois à Taylor de fanfaronner et Licklider avait tendance à être trop coulant, ils n'en adoraient pas moins travailler avec d'autres personnes, avec qui ils sympathisaient et dont ils encourageaient les talents. Cette passion de l'interaction humaine et l'attention qu'ils portaient à son fonctionnement les destinaient à concevoir les interfaces entre humains et machines.

Quand Licklider quitta la direction de l'IPTO, son adjoint, Ivan Sutherland, assura l'intérim et, à l'instigation de Licklider, Taylor quitta la NASA pour devenir l'adjoint de Sutherland. Taylor était l'une des rares personnes qui comprenaient que la technologie de l'information pouvait être plus passionnante que le programme spatial. Quand Sutherland eut démissionné en 1966 pour occuper une chaire de professeur titulaire à Harvard, Taylor n'était pas le candidat idéal à sa succession, puisqu'il n'avait pas de doctorat et n'était pas informaticien, mais il finit par obtenir le poste.

À l'IPTO, Taylor fut frappé par trois choses. D'abord, tous les centres de recherche et universités sans exception qui étaient sous contrat avec l'ARPA voulaient les tout derniers ordinateurs et les plus performants. C'était de la redondance et du gaspillage. Il pouvait par exemple y avoir un ordinateur qui faisait du graphisme à Salt Lake

City et un autre de l'extraction de données à Stanford, mais un chercheur qui avait besoin d'exécuter ces deux types de tâches devait soit faire la navette en avion, soit demander à l'IPTO de financer un autre ordinateur. Pourquoi ne pourraient-ils pas être connectés par un réseau qui autoriserait leur utilisation réciproque en temps partagé ? Ensuite, dans ses voyages pour interroger de jeunes chercheurs, Taylor découvrit que ceux basés en un endroit désiraient profondément s'informer de l'état des recherches en cours ailleurs. Il comprit qu'il serait logique de les connecter électroniquement afin qu'ils puissent partager plus facilement leurs informations. Enfin, Taylor fut frappé par le fait qu'il y avait trois terminaux dans son bureau au Pentagone, chacun doté de son propre mot de passe et de ses propres instructions, connectés à trois centres informatiques différents financés par l'ARPA. « C'est stupide, songea-t-il. Je devrais pouvoir accéder à n'importe lequel de ces systèmes à partir d'un terminal unique. » Ce besoin de trois terminaux « a conduit à une révélation³⁹ ». Ces trois problèmes pouvaient être résolus d'un seul coup par l'édification d'un réseau de transmission de données qui connecterait les centres de recherche, à condition toutefois que Taylor arrive à mettre en application le rêve de Licklider d'un réseau informatique intergalactique.

Il traversa le Pentagone pour aller dans l'anneau E voir son patron, Charles Herzfeld, directeur de l'ARPA. Avec son accent nasillard du Texas, Taylor sut comment charmer Herzfeld, un intellectuel réfugié originaire de Vienne. Il n'apporta ni mémorandum ni dossier de présentation, mais se lança dans un boniment exubérant. Un réseau financé et imposé par l'ARPA permettrait à des centres de recherche de partager des ressources informatiques, de collaborer à des projets, et à Taylor de mettre au rancart deux des terminaux de son bureau.

« Super idée, dit Herzfeld. Mettez-la en chantier. Vous avez besoin de combien ? »

Taylor admit qu'il se pourrait qu'il faille un million de dollars rien que pour organiser le projet.

« Vous les avez », déclara Herzfeld.

En repartant vers son bureau, Taylor regarda sa montre. « Mon Dieu, se dit-il tout bas. Ça n'a pris que vingt minutes⁴⁰. »

C'est une anecdote que Taylor a souvent racontée dans des interviews et des historiques oraux. Ce récit ne déplut pas à Herzfeld, mais il se sentit plus tard obligé d'avouer qu'il était un peu trompeur : « [Taylor] laisse de côté le fait que j'étudiais le problème avec lui et Licklider depuis trois ans. Ce n'était pas difficile d'avoir ce million de dollars parce que j'attendais plus ou moins qu'il me le demande⁴¹. »

Taylor admit que c'était le cas et ajouta en prime son commentaire personnel : « Ce qui m'a vraiment fait plaisir, c'est que Charlie a pris l'argent sur des fonds censés servir à développer un système de défense par missiles, ce qui était à mon avis l'idée la plus stupide et la plus dangereuse qu'il soit⁴². »

Taylor avait maintenant besoin de quelqu'un pour diriger le projet, et c'est ainsi que Roberts entra en scène. Il était manifestement l'homme qu'il fallait.

On pourrait croire que Larry Roberts est né et a été élevé pour contribuer à édifier Internet. Ses deux parents étaient titulaires de doctorats en chimie ; dans son enfance passée près de Yale, il avait construit à partir de rien un téléviseur, une bobine Tesla^{*3}, un poste de radio amateur et un système téléphonique. Il étudia au MIT, où il obtint ses licence, maîtrise et doctorat en ingénierie. Impressionné par les articles de Licklider sur la symbiose homme-ordinateur, il alla travailler avec lui au laboratoire Lincoln et devint son protégé dans les domaines du temps partagé, des réseaux et des interfaces. L'une de ses expériences au laboratoire Lincoln impliquait la connexion de deux ordinateurs éloignés ; le projet avait été financé par Bob Taylor à l'ARPA. « Licklider m'avait inspiré, avec sa vision d'ordinateurs connectés en réseau, raconte Roberts, et j'ai décidé de travailler là-dessus. »

Mais Roberts refusait toujours la proposition de Taylor de le faire venir à Washington pour être son adjoint. Son travail au laboratoire Lincoln lui plaisait et il n'avait guère de respect pour Taylor. Il y avait aussi un détail que Taylor ignorait : un an auparavant, on avait proposé à Roberts le poste de Taylor. « Au moment de partir, Ivan m'a demandé de rejoindre immédiatement l'IPTO pour devenir son prochain directeur, mais c'était un poste de gestionnaire, et je préférais la recherche », précise Roberts. Ayant décliné le poste de directeur, Roberts n'allait pas être l'adjoint de Taylor. « Laissez tomber, lui dit-il. Je suis occupé. Je m'amuse un max avec cette recherche merveilleuse⁴³. »

La résistance de Roberts avait une autre raison, que Taylor sentait confusément : « Larry venait du MIT avec un doctorat, et moi je venais du Texas avec une simple maîtrise. Alors je suppose qu'il ne voulait pas travailler pour moi⁴⁴. »

Or Taylor était un Texan rusé et tenace. En automne 1966, il demanda à Herzfeld : « Charlie, l'ARPA finance bien le laboratoire Lincoln à cinquante et un pour cent, non ? » Herzfeld le lui confirma.

« Tu es au courant de ce projet de réseautage que je veux faire ? Bon, j'ai du mal à avoir le directeur de programme que je veux, et il travaille au laboratoire Lincoln. » Peut-être, suggéra Taylor, qu'Herzfeld pourrait appeler le chef du laboratoire et lui dire qu'il serait dans l'intérêt de l'établissement de convaincre Roberts d'accepter ce poste. C'était une manière très texane de procéder, et cela aurait plu au président de l'époque, Lyndon Johnson. Le chef du laboratoire n'était pas idiot. « Ce serait probablement une bonne chose pour tout le monde ici si tu voulais bien prendre ça en considération », fit-il remarquer à Roberts après avoir reçu le coup de fil d'Herzfeld.

En décembre 1966, Larry Roberts alla donc travailler à l'ARPA. « Avec ce chantage, j'ai assuré la célébrité future de Roberts », dirait plus tard Taylor⁴⁵.

Lorsque Roberts arriva à Washington aux alentours de Noël, sa femme et lui habitèrent quelques semaines chez Taylor en attendant de trouver à se loger. Même s'ils n'étaient pas destinés à devenir copains, les relations entre les deux hommes étaient cordiales et professionnelles, du moins pendant les années qu'ils passèrent à l'ARPA⁴⁶.

Roberts n'était pas aussi sympathique que Licklider, ni aussi extraverti que Taylor, ni aussi sociable que Bob Noyce. « Larry est un pisse-froid », dirait plus tard Taylor⁴⁷. Au lieu de quoi il possédait un trait qui était tout aussi utile pour promouvoir la créativité et gérer une équipe : c'était un décideur. Plus important encore, ses décisions ne se fondaient pas sur ses émotions ou un favoritisme personnel, mais plutôt sur une analyse rationnelle et précise des différentes options. Ses collègues respectaient ses décisions, même s'ils n'étaient pas d'accord avec lui, parce qu'il était clair, concis et juste. C'était l'un des avantages qu'il y a à avoir un authentique ingénieur aux commandes. Mal à l'aise dans le rôle d'adjoint de Taylor, Roberts réussit à s'arranger avec le big boss de l'ARPA, Charlie Herzfeld, pour se faire nommer chef scientifique de l'agence. « Je gérais les contrats pendant la journée et je faisais mes recherches sur les réseaux la nuit », raconte Roberts⁴⁸.

Taylor, lui, était jovial et sociable, parfois à l'excès. « Je suis un extraverti », disait-il. Chaque année, il organisait un colloque des chercheurs financés par l'ARPA et un autre pour leurs meilleurs étudiants de troisième cycle, d'ordinaire en des lieux pittoresques comme Park City, en Utah, ou à La Nouvelle-Orléans. Chaque chercheur devait faire une présentation, ensuite il était bombardé de questions et de suggestions par son auditoire. C'est ainsi que Taylor repérait les étoiles montantes d'un bout à l'autre des États-Unis, et son

magnétisme lui serait plus tard très utile quand il irait travailler au Xerox PARC. Ce talent l'aida aussi à accomplir l'une des tâches les plus importantes dans l'édification d'un réseau : convaincre tout le monde de l'intérêt de ce concept.

Arpanet

Taylor savait qu'il avait besoin de convaincre de l'utilité d'un réseau en temps partagé les gens que ce concept était destiné à aider, c'est-à-dire les chercheurs bénéficiant de subventions de l'ARPA. Aussi les invita-t-il à une réunion à l'université du Michigan en avril 1967, où il leur fit présenter le projet par Roberts. Les centres informatiques seraient connectés par des lignes téléphoniques en location, expliqua Roberts. Il décrivit deux architectures possibles : un système à plaque tournante (*hub*) avec un ordinateur central dans un site comme Omaha, au Nebraska, qui acheminerait les informations, ou un système en réseau qui ressemblait à une carte routière où s'entrecroisaient des lignes tendues de site en site. Roberts et Taylor avaient commencé à pencher pour l'option décentralisée : elle serait plus sûre. Les informations pourraient être transmises de nœud en nœud jusqu'à ce qu'elles atteignent leur destination.

Beaucoup des participants répugnaient à rejoindre un réseau. « Les universités en général ne voulaient pas partager leurs ordinateurs avec qui que ce soit, dirait Roberts en 1989. Elles voulaient acheter leurs propres ordinateurs et se cacher dans leur coin⁴⁹. » Elles ne voulaient pas non plus que le précieux temps de calcul de leurs machines soit grignoté par l'obligation de traiter le routage du trafic entraîné par le rattachement au réseau. Les premiers contestataires furent Marvin Minsky du Laboratoire d'intelligence artificielle du MIT et son ex-collègue John McCarthy, qui était passé à Stanford. Leurs ordinateurs, soutenaient-ils, tournaient déjà au maximum de leur capacité. Quel intérêt auraient-ils à permettre à d'autres de se brancher sur eux ? En outre, il leur incomberait la charge d'acheminer du trafic réseau venant d'ordinateurs inconnus et dont ils ne parlaient pas le langage. « Ils se plaignaient tous les deux qu'ils allaient perdre de la puissance de calcul et ils ont dit qu'ils ne participeraient pas, raconte Taylor. Je leur ai dit qu'ils n'avaient pas le choix, parce que ça me permettrait de diviser par trois mon financement de l'informatique⁵⁰. »

Taylor était convaincant et Roberts tenace, et ils firent remarquer aux participants qu'ils étaient tous financés par l'ARPA. « Nous allons construire un réseau et vous allez y participer, déclara sèchement Roberts. Et vous allez y connecter vos machines⁵¹. » Ils n'obtiendraient plus de subventions pour acheter des ordinateurs tant

qu'ils ne seraient pas branchés sur le réseau.

Des idées jaillissent souvent d'échanges lors de réunions, et celle qui se matérialisa à la fin de la séance du Michigan contribua à détendre l'atmosphère. Elle venait de Wes Clark, qui avait conçu un ordinateur personnel, surnommé le LINC, au laboratoire Lincoln du MIT. Il s'intéressait plus au développement d'ordinateurs conçus pour l'utilisateur individuel qu'à la promotion du temps partagé de gros ordinateurs, aussi n'avait-il pas tellement prêté attention à la discussion. Mais vers la fin de la réunion, il comprit pourquoi il était difficile de faire accepter l'idée du réseau aux centres de recherche : « Juste avant que nous nous séparions, j'ai le souvenir très clair d'avoir brusquement trouvé où était le méta-problème. J'ai fait passer à Larry une note où je disais que je pensais avoir vu comment résoudre le problème⁵². » Sur le chemin de l'aéroport, dans une voiture de location conduite par Taylor, Clark expliqua son idée à Roberts et à deux autres collègues. L'ARPA ne devrait pas forcer les ordinateurs de recherche de chaque site à prendre en charge le routage des données. Au lieu de quoi l'ARPA devrait concevoir et donner à chaque site un mini-ordinateur normalisé qui se chargerait du routage. Le gros système informatique en place sur chaque site n'aurait plus que la tâche simple consistant à établir une connexion avec son mini-ordinateur de routage fourni par l'ARPA. Ce qui avait trois avantages : cela déchargerait le gros ordinateur du site hôte de la plus grande partie de la tâche, donnerait à l'ARPA le pouvoir de normaliser le réseau, et permettrait que le routage des données soit complètement délocalisé au lieu d'être contrôlé par un tout petit nombre de grosses plaques tournantes.

Taylor embrassa l'idée sur-le-champ. Roberts posa quelques questions, puis exprima son accord. Le réseau serait géré par les mini-ordinateurs normalisés que Clark avait proposés et qu'on appela « processeurs de messages interfacés » ou IMP (pour *Interface Message Processors*). Plus tard, on les appellerait simplement « routeurs ».

Quand ils arrivèrent à l'aéroport, Taylor demanda qui devrait construire ces IMP. Pour Clark, c'était évident : la tâche devrait être confiée à Bolt, Beranek & Newman, la firme de Cambridge où Licklider avait travaillé. Mais il y avait aussi dans la voiture Al Blue, qui était chargé des questions de conformité à l'ARPA. Il rappela au groupe que le projet devrait faire l'objet d'un appel d'offres, conformément aux normes fédérales en matière de contrats avec le secteur privé⁵³.

Dans une réunion de suivi qui se tint à Gatlinburg, au Tennessee, en octobre 1967, Roberts présenta une version révisée du projet de

réseau. Il lui donna aussi un nom, ARPA Net, simplifié plus tard en ARPANET. Mais il restait un problème à résoudre : la communication entre deux points du réseau nécessiterait-elle une ligne dédiée entre eux, comme pour une communication téléphonique ? Ou alors y avait-il un moyen pratique quelconque de permettre à de multiples flux de données de partager des lignes simultanément, un peu comme le système de temps partagé pour les lignes téléphoniques ? Les caractéristiques potentielles de pareil réseau de transmission de données avaient été proposées au début du mois par une commission du Pentagone.

C'est alors qu'un jeune ingénieur anglais, Roger Scantlebury, se leva pour présenter un article décrivant les travaux de son patron, Donald Davies, du Laboratoire national de physique britannique. L'article donnait une réponse : une méthode pour fractionner les messages en petits éléments que Davies avait qualifiés de « paquets ». Scantlebury ajouta que l'idée avait été indépendamment développée par un chercheur de la RAND, Paul Baran. Après son exposé, Larry Roberts et d'autres se rassemblèrent autour de Scantlebury pour en savoir plus, puis se replièrent sur le bar pour en discuter jusqu'à une heure tardive.

Le transfert par paquets : Paul Baran, Donald Davies et Leonard Kleinrock

Il existe de nombreuses manières d'envoyer des données via un réseau. La plus simple, dite commutation de circuits (*circuit switching*), est utilisée dans le système téléphonique : un ensemble de commutateurs crée un circuit dédié permettant aux signaux de circuler dans les deux directions tout le temps que dure la conversation, la connexion restant établie même pendant de longues pauses. Une autre méthode est la commutation de messages (*message switching*) ou, comme l'appelèrent les compagnies de télégraphe, la commutation de messages en différé (*store-and-forward switching*). Dans ce système, un message entier reçoit un en-tête d'adresse, est envoyé dans le réseau puis transmis de nœud en nœud jusqu'à sa destination.

Une méthode encore plus efficace est la commutation ou transfert par paquets (*packet switching*), cas particulier de commutation en différé dans lequel les messages sont fractionnés en minuscules éléments exactement de la même taille, les paquets, chacun muni d'un en-tête d'adresse indiquant où ils doivent aller. Ces paquets sont alors expédiés dans le réseau où ils caracolent jusqu'à leur destination, transmis de nœud en nœud en utilisant n'importe lesquelles des liaisons disponibles à cet instant. Si certaines liaisons commencent à

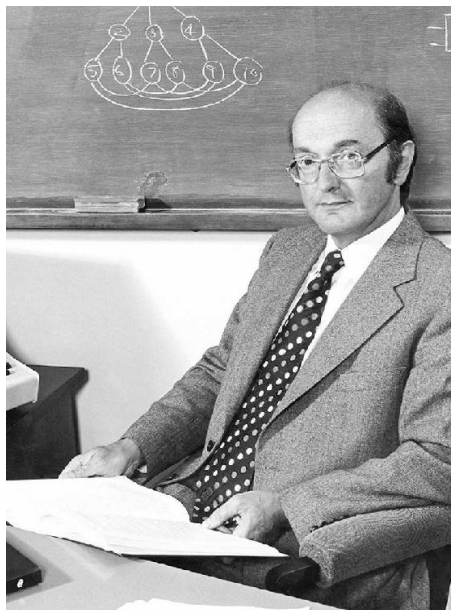
être embouteillées par une surcharge de données, des paquets seront détournés vers des liaisons de substitution. Quand tous les paquets arrivent au nœud de leur destination, ils sont réassemblés conformément aux instructions des en-têtes. « C'est comme si on fractionnait une longue lettre en des dizaines de cartes postales numérotées adressées au même endroit, expliquait Vinton Cerf, l'un des pionniers d'Internet. Elles peuvent toutes prendre des itinéraires différents pour arriver à destination, et ensuite elles sont réassemblées⁵⁴. »

Comme Scantlebury l'avait expliqué à Gatlinburg, le premier concepteur d'un réseau à transfert de paquets était un ingénieur du nom de Paul Baran (prononcé comme *bear* et non comme *bar*). Sa famille avait émigré de Pologne quand il avait deux ans et s'était fixée à Philadelphie, où son père ouvrit une petite épicerie. Après avoir terminé ses études à l'université Drexel en 1949, Baran rejoignit la société d'informatique nouvellement créée par Presper Eckert et John Mauchly, où il testait des composants pour l'UNIVAC. Il partit pour Los Angeles, prit des cours du soir à l'UCLA et finit par décrocher un emploi à la RAND Corporation.

Lorsque les Soviétiques testèrent une bombe à hydrogène en 1955, Baran se découvrit une mission : contribuer à empêcher l'holocauste nucléaire. Un jour qu'il examinait chez RAND la liste hebdomadaire des sujets sur lesquels l'armée de l'air voulait commander des recherches, il en isola un relatif à l'élaboration d'un système de communications militaire capable de survivre à une attaque ennemie. Il savait qu'un tel système pourrait contribuer à éviter un échange nucléaire, car si l'un des camps craignait que son système de communications soit anéanti, il serait plus facilement tenté de lancer le premier une attaque préventive en cas de montée des tensions. Avec des systèmes de communications capables de survie, les nations en présence ne ressentiraient pas le besoin d'avoir constamment le doigt sur la détente.

Baran trouva deux idées clés qu'il commença à publier en 1960. La première était que le réseau ne devrait pas être centralisé ; il ne devrait pas y avoir de plaque tournante principale contrôlant l'ensemble des commutations et du routage. Il ne devrait pas être non plus simplement décentralisé, avec le contrôle réparti sur de nombreuses plaques tournantes régionales, comme le réseau téléphonique américain d'AT&T ou la carte des lignes d'une grande compagnie aérienne. Si l'ennemi détruisait quelques-unes de ces plaques tournantes, le système serait neutralisé. Au lieu de quoi, le contrôle devrait être complètement *délocalisé*. Autrement dit, tous les nœuds sans exception devraient avoir le même pouvoir de commuter

et d'acheminer le flux de données. Ce qui deviendrait le trait distinctif d'Internet, l'attribut enraciné dans sa conception qui lui permettrait d'émanciper les individus et de résister au contrôle centralisé.



Donald Davies (1924-2000).



Paul Baran (1926-2011).



Leonard Kleinrock (né en 1934).



Vinton Cerf (né en 1943) et Bob Kahn (né en 1938).

Il dessina un réseau qui ressemblait à un filet. Tous les nœuds auraient la capacité d'acheminer du trafic, et tous étaient connectés à quelques autres nœuds. Si l'un des nœuds était détruit, alors le trafic serait détourné sur d'autres itinéraires. « Il n'y a pas de contrôle central, expliquait Baran. Une simple procédure locale de routage est exécutée à chaque nœud. » Il estima que même avec trois ou quatre liaisons par nœud, le système aurait une résistance et une capacité de survie quasi illimitées. « Un simple niveau de redondance de trois ou quatre autoriserait un réseau presque aussi robuste que la limite

théorique⁵⁵. »

« Après avoir trouvé comment obtenir la robustesse, j'ai été ensuite obligé de m'attaquer au problème de la transmission des signaux dans ce type de réseau en filet », raconte Baran⁵⁶. Ce qui lui inspira sa deuxième idée, qui était de fractionner les données en petits blocs d'une taille normalisée. Un message serait fractionné en un grand nombre de ces blocs, dont chacun cheminerait via un itinéraire différent, et qui seraient réassemblés une fois arrivés à destination : « Un bloc message universellement normalisé pourrait être par exemple composé de 1024 bits. La majeure partie du bloc message serait réservée au type de données à transmettre, quel qu'il soit, tandis que le reste contiendrait des informations d'intendance, telles que la détection d'erreur et les données de routage. »

Baran se heurta alors à l'une des réalités de l'innovation, à savoir que les bureaucraties bien enracinées sont résistantes au changement. La RAND recommanda son idée d'un réseau à transfert par paquets à l'armée de l'air qui, après un examen approfondi, décida d'en construire un. Mais le ministère de la Défense décréta alors que toute entreprise de ce type devrait être menée par l'Agence des communications de la défense de façon à être utilisée par toutes les branches de l'appareil militaire. Et Baran se rendit compte que ladite Agence n'aurait jamais ni le désir ni la capacité de le faire.

Il essaya donc de persuader AT&T de compléter son réseau vocal à commutation de circuits par un réseau de transmission de données à transfert de paquets. « Ils se sont défendus bec et ongles, raconte-t-il. Ils ont essayé tout un tas de trucs pour l'empêcher. » Les gens d'AT&T ne voulaient même pas que la RAND se serve des cartes de ses circuits, ce qui obligea Baran à s'en procurer un jeu en cachette. Il fit plusieurs expéditions au siège d'AT&T à Manhattan. Au cours de l'une d'elles, un cadre supérieur – un ingénieur des circuits analogiques à l'ancienne – fut apparemment stupéfait lorsque Baran expliqua qu'avec son système les données pourraient circuler dans les deux directions sans qu'un circuit dédié reste ouvert en permanence. « Il a regardé ses collègues dans la pièce tandis que ses globes oculaires envoyaient un signal d'incrédulité totale », raconte Baran. Après un silence, le cadre dit : « Fiston, voilà comment ça marche, un téléphone », puis se lança dans une description paternaliste et simpliste du procédé.

Lorsque Baran persista à promouvoir son idée apparemment ridicule que les messages pouvaient être hachés menu et foncer dans le réseau sous forme de minuscules paquets, AT&T l'invita, lui et d'autres chercheurs extérieurs, à une série de séminaires pour expliquer

comment son système fonctionnerait en réalité. « Il a fallu quatre-vingt-quatorze intervenants distincts pour décrire tout le système », s'émerveilla Baran. Lorsque la présentation fut terminée, les responsables de chez AT&T demandèrent à Baran : « Est-ce que vous voyez maintenant pourquoi le transfert de paquets ne marcherait pas ? » Ils furent très déçus quand Baran répondit simplement « Non. » Encore une fois, AT&T était bloqué par le dilemme de l'innovation. Le monopole téléphonique refusait d'envisager un type entièrement nouveau de réseau de transmission de données tellement il avait investi dans les circuits traditionnels⁵⁷.

Les travaux de Baran culminèrent finalement dans onze volumes d'analyse d'ingénierie détaillée, *Sur les communications délocalisées*, achevés en 1964. Il insista pour que cette somme ne soit pas classée secret-défense, parce qu'il avait compris que pareil système aurait un maximum d'efficacité si les Russes en avaient un eux aussi. Bien que Bob Taylor en ait lu des passages, personne d'autre à l'ARPA ne le fit, et l'idée de Baran n'eut donc guère d'impact jusqu'au jour où elle fut portée à l'attention de Larry Roberts lors du colloque de Gatlinburg en 1967. Une fois rentré à Washington, Roberts exhuma les rapports de Baran, les dépoussiéra et se mit à les lire.

Roberts se procura également les articles écrits par le groupe de Donald Davies en Angleterre et que Roger Scantlebury avait résumés à Gatlinburg. Davies était le fils d'un Gallois employé aux écritures dans une mine de charbon, qui décéda quelques années après la naissance de son fils en 1924. Le jeune Davies fut élevé à Portsmouth par sa mère, qui travaillait pour les Postes britanniques, lesquelles géraient le réseau téléphonique national. Il passa son enfance à jouer avec des circuits téléphoniques, puis obtint des licences en maths et en physique à l'Imperial College de Londres. Pendant la guerre, il travailla à l'université de Birmingham, créant des alliages pour les tubes des armes nucléaires comme assistant de Klaus Fuchs, qui s'avéra être un espion soviétique. Il travailla ensuite avec Alan Turing à la construction de l'Automatic Computing Engine, un ordinateur à programme enregistré, au Laboratoire national de physique.

Davies s'intéressa ensuite à l'informatique en temps partagé, dont il avait appris l'existence lors d'une visite au MIT en 1965, et à l'usage des lignes téléphoniques pour la transmission de données. En combinant mentalement ces deux idées, il se fixa comme objectif de trouver une méthode similaire au temps partagé qui puisse tirer le maximum des lignes téléphoniques. Ce qui le conduisit aux mêmes concepts que Baran avait développés à propos de l'efficacité du fractionnement des messages en unités de taille réduite. Il trouva aussi un bon vieux mot anglais pour les désigner : *packets*. Quand il essaya

de convaincre les Postes britanniques d'adopter ce système, il se heurta au même problème que Baran quand il avait frappé à la porte de chez AT&T. Mais ils se trouvèrent tous les deux un fan à Washington. Larry Roberts accueillit leurs idées à bras ouverts, et adopta le terme *packets* en prime⁵⁸.

Il y eut aussi l'apport d'un troisième homme, quelque peu controversé, qui ne dédaignait pas l'autopromotion, l'affable et réjouissant Leonard Kleinrock, expert en flux des données dans les réseaux, qui devint un grand ami de Larry Roberts quand, jeunes doctorants, ils se partagèrent un bureau au MIT. Kleinrock grandit à New York dans une famille d'immigrants pauvres. Son intérêt pour l'électronique se déclencha quand, à l'âge de six ans, en lisant une BD de Superman, il vit des instructions pour construire un poste à galène qui marchait sans piles. Il réunit un rouleau de papier hygiénique, l'une des lames de rasoir de son père, un peu de fil électrique et le graphite d'une mine de crayon, ensuite il convainquit sa mère de l'emmener en métro jusqu'à la partie sud de Manhattan pour acheter un condensateur à capacité variable dans un magasin d'électronique. Le montage fonctionna, et une fascination pour l'électronique qui durerait toute sa vie commença à s'épanouir. « Je n'en reviens toujours pas, raconte-t-il en parlant du poste à galène. J'ai toujours l'impression que c'est de la magie. » Il se mit à annoter des manuels de lampes de radio trouvés chez des soldeurs et à récupérer des postes de radio abandonnés dans les bennes à ordures ; il les dépeçait comme un voutour pour en retirer les composants afin de pouvoir bricoler ses propres postes⁵⁹.

N'ayant pas les moyens d'accéder à l'université, même au City College of New York où la scolarité était gratuite, il travaillait le jour dans une firme d'électronique et prenait des cours du soir. Les enseignants du soir avaient plus l'esprit pratique que ceux de la journée ; au lieu de lui apprendre la théorie des transistors, raconte Kleinrock, l'enseignant lui disait à quel point ils étaient sensibles à la chaleur et comment compenser la température attendue en concevant un circuit. « On n'apprenait jamais ce genre d'astuces pratiques dans les cours de la journée. Le prof ne l'aurait pas su⁶⁰. »

Après avoir obtenu son diplôme, il décrocha une bourse pour faire son doctorat au MIT. C'est là qu'il étudia la théorie des files d'attente, qui examine des problèmes comme la prévision du temps d'attente moyen compte tenu de facteurs variés, et il formula dans sa thèse certaines des théories mathématiques sous-jacentes qui analysaient le flux des messages et la formation d'embouteillages dans les réseaux de

données à commutation. En plus de partager un bureau avec Roberts, Kleinrock était un condisciple d'Ivan Sutherland et avait assisté à des conférences de Claude Shannon et de Norbert Wiener. « C'était vraiment un foyer d'excellence intellectuelle⁶¹ », dirait-il du MIT des années 1950.

Une nuit où un Kleinrock épuisé faisait tourner une des machines du laboratoire d'informatique du MIT, un énorme ordinateur expérimental appelé le TX-2, il entendit un « pssssss » insolite : « J'ai commencé à être très inquiet. Il y avait un casier vide où un élément de la machine avait été retiré pour être réparé, j'ai levé les yeux en l'air, j'ai regardé dans ce casier et il y avait deux yeux qui me regardaient ! » C'était Larry Roberts qui lui faisait une farce⁶².

L'effervescent Kleinrock et le glacial Roberts restèrent amis en dépit (ou peut-être à cause) de leurs personnalités différentes. Ils aimaient faire ensemble la tournée des casinos de Las Vegas pour essayer de rouler la banque. Roberts trouva un système de comptage de cartes pour le black-jack, fondé sur le repérage tant des cartes fortes que des cartes faibles, et il l'enseigna à Kleinrock. « Nous nous sommes fait virer un jour, ma femme et moi, quand nous jouions au Hilton : les directeurs du casino nous surveillaient à travers le plafond et ils ont eu des soupçons quand j'ai pris une assurance sur une main à un moment où, normalement, on ne le ferait pas à moins de savoir qu'il ne restait pas beaucoup de cartes fortes dans le sabot », raconte Roberts. Un autre stratagème impliquait d'essayer de calculer la trajectoire de la balle à la roulette à l'aide d'un compteur fait avec des transistors et un oscillateur. Il était censé mesurer la vitesse de la balle et prédire de quel côté du tambour elle finirait, ce qui augmentait les chances en faveur du joueur. Pour recueillir les données nécessaires, Roberts avait un enregistreur caché dans sa main sous des bandes de gaze. Le croupier, se doutant qu'il y avait du louche, regarda Roberts et Kleinrock et demanda : « Vous voulez que je vous casse l'autre bras ? » Ils décidèrent que non et partirent⁶³.

Dans sa proposition de thèse de doctorat, rédigée en 1961, Kleinrock prévoyait d'explorer les fondements mathématiques de la prédiction des embouteillages dans un réseau de type maillé. Dans ce mémoire et d'autres articles, il décrivait un réseau à transfert différé – « réseau de communication où il y a un stockage à chacun des nœuds » –, mais pas un réseau employant exclusivement le transfert de paquets, dans lequel les messages seraient fractionnés en minuscules unités toutes exactement de la même taille. Kleinrock traitait la question du « retard moyen subi par un message en traversant le réseau » et analysait comment l'imposition d'une structure prioritaire incluant le fractionnement des messages contribuerait à résoudre ce problème.

Toutefois, il n'utilisa pas le terme de « paquet » ni n'introduisit de concept qui s'en rapproche étroitement⁶⁴.

Kleinrock était un collègue sociable et empressé, mais il ne tenta jamais d'égaler Licklider dans sa réticence à revendiquer ses découvertes. Il s'aliénerait plus tard un grand nombre des autres développeurs d'Internet en affirmant que, dans sa thèse de doctorat et l'article qui la proposait (écrits tous les deux après que Paul Baran eut commencé à formuler le transfert par paquets à la RAND), il avait « développé les principes de base du transfert par paquets » et « la théorie mathématique des réseaux à transfert par paquets, technologie sous-jacente à Internet⁶⁵ ». À partir du milieu des années 1990, il entama une campagne énergique pour se faire reconnaître comme « le père des réseaux de données modernes⁶⁶ ». Ou, comme il l'affirmait dans une interview en 1996, « ma thèse de doctorat a établi les principes de base du transfert par paquets⁶⁷. »

Il s'ensuivit donc un tollé parmi les autres pionniers d'Internet, qui attaquèrent publiquement Kleinrock en disant que sa brève mention d'un fractionnement des messages était très loin d'une proposition visant le transfert par paquets. « Kleinrock est un prévaricateur, dit Bob Taylor. Sa prétention d'avoir joué le moindre rôle dans l'invention du transfert par paquets est l'exemple typique d'une incorrigible autopromotion dont il est coupable depuis toujours⁶⁸. » (À quoi Kleinrock répliqua : « Taylor est mécontent parce qu'il n'a jamais eu la reconnaissance qu'il estimait mériter⁶⁹. »)

Donald Davies, le chercheur britannique qui créa le terme « paquet », était un homme aimable et réservé qui ne se vantait jamais de ses exploits. On le disait humble à l'excès. Mais juste avant de mourir il rédigea un article, publié à titre posthume, qui attaquait Kleinrock en des termes d'une surprenante vigueur : « Les travaux de Kleinrock avant et jusqu'à 1964 ne lui donnent aucun droit de revendiquer la création du transfert par paquets, écrivait Davies après une analyse en profondeur. Le passage de son ouvrage sur la discipline des files d'attente en temps partagé, s'il avait été poursuivi jusqu'à une conclusion, aurait peut-être pu le conduire au transfert par paquets, mais ce ne fut pas le cas [...] Je ne trouve nulle part la preuve qu'il ait compris les principes du transfert par paquets⁷⁰. » Alex McKenzie, un ingénieur qui dirigeait le centre de contrôle des réseaux chez BBN, serait plus tard encore plus direct : « Kleinrock prétend avoir introduit l'idée de la paquetisation. C'est totalement absurde ; il n'y a RIEN dans son ouvrage de 1964 qui suggère ou analyse l'idée de la paquetisation, ni qui y fasse allusion. » Il trouvait les prétentions de Kleinrock « ridicules⁷¹ ».

La réaction contre Kleinrock fut si acerbe qu'elle devint le sujet d'un article de Katie Hafner dans le *New York Times* en 2001. Elle y décrivait comment l'attitude collégiale habituelle des pionniers d'Internet avait été pulvérisée par la revendication de priorité de Kleinrock pour le concept du transfert par paquets. Paul Baran, qui, lui, méritait d'être connu comme le père du transfert par paquets, se manifesta pour dire que « Internet est en réalité l'œuvre de mille personnes », et il déclara ostensiblement que la plupart des gens impliqués n'avaient pas de revendications en la matière. « Il y a seulement ce cas particulier insignifiant, qui semble être une aberration », ajouta-t-il dans une allusion méprisante à Kleinrock⁷².

On notera avec intérêt que jusqu'au milieu des années 1990, Kleinrock avait attribué à d'autres la découverte du transfert par paquets. Dans un article publié en 1978, il citait Baran et Davies comme les pionniers de ce concept : « Au début des années 1960, Paul Baran avait décrit certaines des propriétés des réseaux de transmission de données dans une série d'articles pour la RAND Corporation [...] En 1968, Donald Davies, au Laboratoire national de physique britannique, commençait à écrire sur les réseaux à transfert de paquets⁷³. » De même, dans un article de 1979 décrivant le développement des réseaux délocalisés, Kleinrock ne citait ni ne mentionnait ses propres travaux du début des années 1960. En 1990, il déclarait encore que Baran avait été le premier à concevoir le transfert par paquets : « Je lui [Baran] attribuerai la paternité des premières idées⁷⁴. » En revanche, lorsque son article de 1979 fut réimprimé en 2002, Kleinrock écrivit une nouvelle introduction où il proclamait : « J'ai développé les principes sous-jacents au transfert par paquets, ayant publié le premier article sur la question en 1961⁷⁵. »

Pour être juste envers Kleinrock, qu'il ait ou non prétendu que ses travaux du début des années 1960 avaient élaboré le transfert par paquets, il aurait mérité (et mérite encore) un certain respect en tant que pionnier d'Internet. C'était incontestablement un des premiers théoriciens marquants du flux de données dans les réseaux et aussi un précieux chef de file dans la construction d'ARPANET. Il fut l'un des premiers à calculer les effets du fractionnement des messages quand ils passaient d'un nœud à l'autre. En outre, Larry Roberts appréciait ses travaux théoriques et l'avait enrôlé dans l'équipe chargée de la mise en œuvre d'ARPANET. L'innovation est impulsée par des gens qui trouvent de bonnes théories et ont l'occasion de faire partie d'un groupe capable de les mettre en application.

La controverse autour de Kleinrock est intéressante parce qu'elle montre que la plupart des créateurs d'Internet préféraient – pour employer la métaphore d'Internet lui-même – un système de mérites

complètement délocalisé. Ils isolaient et contournaient instinctivement tout nœud qui tentait de revendiquer une signification plus grande que les autres. Internet est né d'une éthique de la collaboration créative et de la prise de décision délocalisée, et il plaisait à ses fondateurs de protéger ce patrimoine. Il s'est enraciné dans leur personnalité et dans l'ADN d'Internet même.

L'origine « nucléaire » d'ARPANET : réalité ou mythe ?

L'un des aspects historiques les plus communément acceptés d'Internet est qu'il a été édifié pour survivre à une attaque nucléaire. Ce qui fait enrager nombre de ses architectes, notamment Bob Taylor et Larry Roberts, qui ont à maintes reprises et avec insistance démolie ce mythe des origines. Toutefois, comme c'est le cas de bien des innovations de l'ère numérique, il y a multiplicité de causes et d'origines. Différents acteurs ont des perspectives différentes. Certains, plus haut placés dans la hiérarchie que Taylor et Roberts, et qui sont mieux renseignés sur les motifs exacts des décisions de financement, ont commencé à démystifier la démystification. Essayons de nous y retrouver.

Il ne fait pas de doute que, lorsque Paul Baran proposa un réseau à transfert de paquets dans ses rapports pour la RAND, la capacité de survie à une attaque nucléaire était l'une de ses idées directrices : « Il était nécessaire d'avoir un système stratégique qui puisse résister à une première attaque et puisse ensuite rendre à l'attaquant la monnaie de sa pièce. Le problème était que nous n'avions pas de système de communications capable de survivre, si bien que les missiles soviétiques visant les [bases de] missiles américains détruiraient totalement le système de communications téléphoniques⁷⁶. » Ce qui conduisait à une situation dangereusement instable : une nation serait plus facilement tentée de lancer une frappe préventive si elle craignait que ses communications et sa capacité de riposte ne survivent pas à une attaque. « L'origine du transfert par paquets est tout à fait dans le style de la guerre froide. Je me suis précisément intéressé à la manière de construire un système fiable de commandement et de contrôle⁷⁷. » En 1960, Baran entreprit donc de concevoir « un réseau de communications permettant à plusieurs centaines de stations de communications vitales de communiquer les unes avec les autres après une attaque ennemie⁷⁸. »

C'était peut-être l'objectif de Baran, mais n'oublions pas qu'il n'a jamais convaincu l'armée de l'air de construire pareil système. Au lieu de quoi ses concepts furent adoptés par Roberts et Taylor, et ceux-ci

soutinrent qu'ils cherchaient simplement à créer un réseau de partage de ressources pour les chercheurs de l'ARPA, et non un réseau destiné à survivre à une attaque nucléaire. « Les gens ont pris ce que Paul Baran a écrit à propos d'un réseau sécurisé de défense nucléaire et l'ont appliqué à ARPANET, affirmait Roberts. Évidemment, ils n'avaient aucun rapport l'un avec l'autre. Ce que j'ai dit au Congrès, c'est que c'était pour l'avenir de la science dans le monde – et que les militaires en profiteraient tout autant que le reste du monde. Mais ce n'était manifestement pas dans un but militaire. Et je n'ai pas mentionné la guerre nucléaire⁷⁹. » À un moment, *Time* annonça qu'Internet avait été construit pour assurer les communications après une attaque nucléaire, et Bob Taylor envoya à la rédaction une lettre dans laquelle il rectifiait l'information. *Time* ne la publia pas. « Ils m'ont écrit une lettre pour affirmer que leurs sources étaient fiables⁸⁰ », résume-t-il.

Les sources de *Time* étaient plus haut placées dans la hiérarchie que Taylor. Les gens travaillant à l'ARPA au Bureau des techniques de traitement de l'information, qui était responsable du projet de réseau, croyaient peut-être sincèrement que leur projet n'avait rien à voir avec la capacité de survivre à une attaque nucléaire, mais certains des hauts responsables de l'ARPA croyaient que c'était en fait l'une de ses missions cruciales. Et c'est ainsi qu'ils persuadèrent le Congrès de continuer à le financer.

Stephen Lukasic fut le directeur adjoint de l'ARPA de 1967 à 1970, puis son directeur jusqu'en 1975. En juin 1968, il réussit à obtenir pour Roberts l'autorisation en bonne et due forme et la dotation budgétaire nécessaires à l'édification du réseau. C'était quelques mois seulement avant l'offensive du Têt et le massacre de My-Lay au Vietnam. Les manifestations contre la guerre étaient à leur paroxysme et les étudiants avaient provoqué des émeutes dans les grandes universités. L'argent du ministère de la Défense ne coulait pas à flots pour alimenter de coûteux programmes simplement conçus en vue de permettre la collaboration entre chercheurs universitaires. Le sénateur Mike Mansfield et d'autres politiciens avaient commencé à exiger que seuls soient financés les projets concernant directement une mission militaire. « Alors, dans un tel environnement, raconte Lukasic, j'aurais eu un mal fou à investir beaucoup d'argent dans le réseau juste pour améliorer la productivité des chercheurs. Cette logique n'aurait carrément pas convaincu. Mais ce qui était suffisamment convaincant, c'était l'idée que le transfert par paquets aurait une meilleure capacité de survie, serait plus robuste en cas de dommages causés au réseau [...] Dans une situation stratégique – en l'espèce, une attaque nucléaire –, le président pourrait encore communiquer avec les bases

de missiles. Alors je peux vous assurer, dans la mesure où c'est moi qui signais les chèques à partir de 1967, que je les signais parce que j'étais convaincu de l'utilité du réseau dans ce cas précis⁸¹. »

En 2011, Lukasic fut amusé et quelque peu agacé par ce qui était devenu le dogme conventionnel, à savoir que ARPANET n'avait *pas* été construit pour des raisons militaires. Aussi écrivit-il un texte intitulé « Pourquoi on a fait l'ARPANET » qu'il fit circuler parmi ses collègues. « L'existence de l'ARPA et son unique mission était de répondre aux nouvelles préoccupations en matière de sécurité nationale, expliquait-il. Dans ce cas précis, c'était le commandement et le contrôle des forces militaires, et en particulier celles dérivant de l'existence d'un arsenal nucléaire et dissuasives quant à son usage⁸². »

Ce qui contredisait directement les déclarations d'un de ses prédécesseurs à la direction de l'ARPA, Charles Herzfeld, le réfugié autrichien qui avait en 1965 approuvé la proposition de Bob Taylor d'un réseau en temps partagé pour la recherche. « ARPANET n'a pas été lancé pour créer un système de commandement et de contrôle capable de survivre à une attaque nucléaire, comme beaucoup le prétendent aujourd'hui, soutiendrait Herzfeld des années plus tard. La construction d'un tel réseau était clairement une nécessité militaire majeure, mais ce n'était pas la mission de l'ARPA d'y procéder⁸³. »

Deux historiques semi-officiels autorisés par l'ARPA présentent des points de vue opposés. D'après celui rédigé par l'Internet Society : « C'est de l'étude de la RAND qu'est partie la rumeur mensongère prétendant qu'ARPANET était d'une manière ou d'une autre apparenté à la construction d'un réseau résistant à la guerre nucléaire. Cela n'a jamais été vrai pour ARPANET, mais seulement pour l'étude de la RAND, qui n'avait aucun rapport avec lui⁸⁴. » En revanche, le « Rapport final » produit par la National Science Foundation en 1995 déclarait : « Excroissance de l'Agence pour les projets de recherche avancée dépendant du ministère de la Défense, le système de transfert par paquets d'ARPANET était conçu pour fournir des communications fiables en cas d'attaque nucléaire⁸⁵. »

Alors, quelle interprétation est la bonne ? Dans ce cas précis, toutes les deux. Pour les universitaires et les chercheurs qui construisaient effectivement le réseau, il n'avait qu'un usage pacifique. Pour certains des responsables qui supervisaient et finançaient le projet, en particulier au Pentagone et au Congrès, il avait aussi une logique militaire. Stephen Crocker était à la fin des années 1960 étudiant en troisième cycle et finit par s'impliquer totalement dans la coordination des recherches sur la conception d'ARPANET. Jamais il n'envisagea que la capacité de survie nucléaire fasse partie du cahier des charges.

Or, quand Lukasic fit circuler son article de 2011, Crocker le lut, sourit, et révisa son opinion. « J'étais au sommet de l'échelle et vous étiez tout en bas, alors vous n'aviez vraiment aucune idée de ce qui se passait et des raisons qui nous motivaient », lui dit Lukasic. À quoi Crocker répondit, avec une pointe d'humour qui masquait une bonne dose de sagesse : « J'étais tout en bas et vous tout en haut, alors vous n'aviez aucune idée de ce qui se passait ou de ce que nous faisions⁸⁶. »

Ainsi que Crocker finit par le comprendre, « vous n'arriverez pas à mettre d'accord tous les mecs qui étaient dans le coup sur la raison pour laquelle [le réseau] a été construit. » Leonard Kleinrock, qui avait été son directeur de thèse à UCLA, aboutit à la même conclusion : « Nous ne saurons jamais si la capacité de survie nucléaire était la motivation. C'était une question à laquelle on ne pouvait pas répondre. Pour moi, il n'y avait rien qui suggère une logique militaire. Mais si vous remontez vers le sommet de la hiérarchie, je suis sûr qu'il y avait des gens qui disaient que la survie en cas d'attaque était l'une des raisons⁸⁷. »

Au final, ARPANET représenta une conjonction intéressante d'intérêts militaires et universitaires. Il fut financé par le ministère de la Défense, qui avait tendance à vouloir des systèmes de commandement hiérarchisés avec des contrôles centralisés. Mais le Pentagone avait confié la conception du réseau à une bande d'universitaires, dont certains étaient objecteurs de conscience et dont la plupart n'avaient pas confiance en une autorité centralisée. Comme ils optèrent pour une architecture en nœuds illimités, chacun doté de son propre routeur, au lieu d'un réseau fondé sur quelques plaques tournantes centralisatrices, ce réseau serait difficile à contrôler. « J'ai toujours été partisan d'intégrer la décentralisation au réseau, déclara Taylor. Ce qui rendrait difficile la prise de contrôle par un groupe isolé. Je ne faisais pas confiance aux grandes organisations. C'était dans ma nature⁸⁸. » En choisissant des gens comme Taylor pour construire son réseau, le Pentagone en créait un qu'il ne pourrait pas contrôler complètement.

Il y avait une autre couche d'ironie. Cette architecture décentralisée et délocalisée signifiait que le réseau serait plus fiable. Il pourrait même résister à une attaque nucléaire. Construire un système militaire de commandement et de contrôle endurant et à l'épreuve des attaques n'était pas ce qui motivait les chercheurs de l'ARPA. Ils n'y songeaient même pas. Mais ce fut l'une des raisons pour lesquelles ils finirent par obtenir pour le projet un flux continu de financement émanant du Pentagone et du Congrès.

Même quand ARPANET se fut progressivement transformé en Internet au début des années 1980, il continuerait à remplir des objectifs à la fois militaires et civils. Vinton Cerf, un penseur aimable et profond qui contribua à la création d'Internet, se souvient : « J'ai voulu prouver que notre technologie pourrait survivre à une attaque nucléaire. » Aussi procéda-t-il en 1982 à une série de tests où une attaque nucléaire était artificiellement reproduite. « Il y a eu un certain nombre de ces simulations et démonstrations, dont certaines étaient extrêmement ambitieuses. Elles impliquaient le Strategic Air Command. À un moment donné, nous avons placé des packet-radios aéroportées dans le champ tout en utilisant les systèmes aéroportés pour recoudre ensemble des fragments d'Internet qui avaient été séparés par une attaque nucléaire simulée. » Radia Perlman, l'une des plus éminentes femmes ingénieurs de réseaux, développa au MIT des protocoles qui devaient assurer la robustesse des réseaux confrontés à des attaques criminelles, et elle aida Cerf à trouver comment cloisonner et reconstruire ARPANET, si nécessaire, pour améliorer sa capacité de survie⁸⁹.

L'interaction des motivations militaires et universitaires s'enracina dans Internet. « La conception d'ARPANET comme d'Internet favorisait les valeurs militaires telles que la capacité de survie, la flexibilité et des performances élevées au détriment d'objectifs commerciaux tels que le bas prix, la simplicité ou l'attrait pour le consommateur, note l'historienne de la technologie Janet Abbate. Dans le même temps, le groupe qui conçut et construisit les réseaux de l'ARPA était dominé par des scientifiques universitaires, qui incorporèrent au système leurs propres valeurs – collégialité, décentralisation par rapport à l'autorité, et transparence dans l'échange des informations⁹⁰. » Ces chercheurs universitaires de la fin des années 1960, dont beaucoup furent associés à la contre-culture pacifiste, créèrent un système qui résistait au commandement central. Il contournerait tout dommage résultant d'une attaque nucléaire, mais esquiverait aussi toute tentative pour imposer un contrôle.

Un pas de géant : octobre 1969, ARPANET a atterri

Pendant l'été 1968, tandis qu'une bonne partie du monde, de Prague à Chicago, était ébranlée par l'agitation politique, Larry Roberts envoya un appel d'offres à des sociétés susceptibles de fabriquer les mini-ordinateurs qui seraient alloués à chaque centre de recherche pour servir de routeurs dans le réseau ARPANET alors en projet. Son plan intégrait le concept de transfert par paquets de Paul

Baran et Donald Davies, la suggestion de routeurs normalisés proposée par Wes Clark, les intuitions théoriques de J. C. R. Licklider, Lester Earnest et Leonard Kleinrock et les contributions de beaucoup d'autres inventeurs.

Sur les cent quarante sociétés qui reçurent l'appel d'offres, seules douze décidèrent de soumissionner. IBM, par exemple, n'était pas du nombre. Il doutait que les routeurs puissent être construits pour un prix raisonnable. Roberts convoqua la réunion d'une commission à Monterey, en Californie, pour évaluer les dossiers de soumission, et Al Blue, responsable de la conformité, les photographia à côté de règles graduées pour en montrer l'épaisseur.

Raytheon, la grosse entreprise implantée dans la région de Boston, qui avait été cofondée par Vannevar Bush et travaillait pour la Défense, émergea en tête du classement, et engagea même des négociations sur le prix avec Roberts. Mais Bob Taylor intervint et exprima l'opinion, déjà avancée par Wes Clark, que le contrat devrait revenir à BBN, qui n'était pas accablé par une bureaucratie d'entreprise multicouches. « J'ai dit que la culture d'entreprise entre Raytheon et les universités de recherche serait un mauvais mélange, comme l'eau et l'huile », raconte Taylor⁹¹. Comme Clark le formula, « Bob a cloué le bec à la commission ». Et Roberts se rangea à son avis : « Raytheon nous avait fait une bonne proposition, compétitive par rapport à celle de BBN, et, au final, le seul facteur qui ait influencé ma décision était le fait que BBN avait une organisation d'équipe plus serrée qui, à mon avis, serait plus efficace⁹². »

Contrairement à Raytheon et sa bureaucratie envahissante, BBN employait une petite équipe agile de brillants ingénieurs, menée par deux transfuges du MIT, Frank Heart et Robert Kahn⁹³. Ils contribuèrent à améliorer la proposition de Larry Roberts en spécifiant que, lorsqu'un paquet était transmis d'un routeur au suivant, le routeur émetteur le stockerait jusqu'à ce qu'il reçoive un accusé de réception du routeur destinataire et enverrait une deuxième fois le message si l'accusé de réception se faisait attendre. Ce qui devint un facteur essentiel de la fiabilité du réseau. À chaque étape, le concept était amélioré par la créativité collective.

Juste avant Noël, Roberts surprit tout le monde, ou presque, en annonçant le choix de BBN au lieu de Raytheon. Le sénateur Edward Kennedy rédigea le télégramme envoyé habituellement à un électeur qui décroche un gros contrat fédéral. Il félicitait BBN d'avoir été choisi pour fabriquer le processeur de messages *Interfaith* (« inter-foi »), ce qui à certains égards était une description judicieuse du rôle œcuménique des IMP⁹⁴.

Roberts choisit quatre centres de recherche pour créer les premiers nœuds d'ARPANET : UCLA, où travaillait Leonard Kleinrock, le Stanford Research Institute (SRI), avec le visionnaire Douglas Engelbart, l'université de l'Utah, avec Ivan Sutherland, et l'université de Californie à Santa Barbara. Il leur incombait la tâche de trouver comment leurs gros ordinateurs « hôtes » se connecteraient aux routeurs normalisés qu'on allait leur expédier. En bons professeurs d'université, les chercheurs basés dans ces centres enrôlèrent un équipage hétéroclite d'étudiants de troisième cycle pour faire le travail.

Les membres de cette jeune équipe, réunis à Santa Barbara pour décider de la marche à suivre, découvrirent une vérité qui demeurerait valable même à l'ère des réseaux sociaux numériques : il était utile – et amusant – de se rencontrer physiquement, d'« interfacer » au sens littéral du mot. « Il y avait une sorte de phénomène du genre cocktail-party où les gens trouvent qu'ils ont pas mal de points communs les uns avec les autres », raconte Stephen Crocker, alors étudiant de troisième cycle dans l'équipe de l'UCLA. Il était venu en voiture avec son meilleur ami et collègue Vinton Cerf. Aussi les participants décidèrent-ils de se rencontrer régulièrement en alternant d'un centre à l'autre.

Crocker, poli et respectueux, avec sa grosse tête et son sourire encore plus large, avait exactement la personnalité qu'il fallait pour devenir le coordinateur de ce qui deviendrait l'un des processus collaboratifs archétypiques de l'ère numérique. Contrairement à Kleinrock, Crocker utilisait rarement le pronom personnel « je » : répartir le mérite l'intéressait plus que le revendiquer. Sa sensibilité envers autrui lui donnait l'intuition nécessaire pour coordonner un groupe sans essayer de centraliser le contrôle ou l'autorité, ce qui était bien approprié au modèle de réseau que l'équipe essayait d'inventer.

Les mois passèrent, et ces étudiants de troisième cycle continuèrent de se rencontrer et de partager des idées en attendant qu'un puissant personnage officiel quelconque descende sur eux pour leur donner leurs ordres de marche. Ils présumaient qu'à un certain moment les autorités de la côte Est apparaîtraient avec des consignes, des règles et des protocoles gravés sur des tablettes, auxquels devraient obéir les simples gestionnaires des sites hôtes. « Nous n'étions rien qu'une bande d'étudiants de troisième cycle autoproclamés, et j'étais convaincu qu'une escouade de figures d'autorité ou d'adultes venus de Washington ou de Cambridge allait débarquer d'un jour à l'autre et nous lire le règlement », raconte Crocker. Mais c'était une ère

nouvelle. Le réseau était censé être délocalisé, et l'autorité qui le contrôlait l'était donc aussi. L'invention du réseau et ses règles dépendraient de l'utilisateur. Le processus serait transparent. Alors même qu'il était en partie financé pour faciliter le commandement et le contrôle militaires, le réseau le ferait tout en résistant au commandement et au contrôle centralisés. Les colonels avaient cédé leur autorité aux hackers et aux universitaires.

Après une réunion particulièrement festive en Utah début avril 1967, cette troupe d'étudiants, s'étant baptisée Network Working Group (« groupe de travail sur le réseau »), décida donc qu'il serait utile de coucher sur le papier quelques-unes de ses pensées⁹⁵. Et Steve Crocker, qui avec son urbanité et son absence de prétention était capable de charmer une meute de hackers jusqu'au consensus, fut sollicité pour cette tâche. Il était impatient de trouver une démarche qui ne semble pas présomptueuse : « Je me suis rendu compte que le simple fait de noter par écrit ce dont nous parlions pouvait être vu comme une présomption d'autorité et que quelqu'un allait débarquer pour nous engueuler. » Son désir de respecter tout le monde l'empêchait littéralement de dormir. « Je vivais avec ma copine, et le bébé qu'elle avait eu d'une relation précédente, chez ses parents à elle. Le seul endroit où bosser la nuit sans déranger personne, c'était la salle de bains, et c'est là que j'étais, debout et à poil, en train de griffonner des notes⁹⁶. »

Crocker comprit qu'il avait besoin d'un nom anodin pour la liste de suggestions et de pratiques. « Pour souligner la nature informelle de la chose, il m'est venu cette petite idée stupide de tout appeler « demande de commentaires » (*Request for Comments* ou RFC) – même si ce n'en était pas vraiment une. » C'était le terme idéal pour encourager la collaboration à l'ère d'Internet – amical, non autoritaire, générique et collégial. « Le fait qu'à cette époque nous évitions les brevets et autres restrictions nous a certainement aidés ; sans aucune incitation financière à contrôler les protocoles, il était beaucoup plus facile de se mettre d'accord », écrit Crocker quarante ans plus tard⁹⁷.

Le premier RFC fut envoyé le 7 avril 1969, expédié dans une enveloppe à l'ancienne par la voie postale. (Il n'y avait pas de courrier électronique, puisqu'ils n'avaient pas encore inventé Internet). Chaleureux et décontracté, sans aucun formalisme, Crocker y exposait la tâche consistant à trouver comment l'ordinateur hôte de chaque établissement devrait se connecter au nouveau réseau : « Pendant l'été 1968, des représentants des quatre sites initiaux se sont rencontrés plusieurs fois pour discuter du logiciel de l'hôte. Je présente ici certains des accords provisoires auxquels nous avons abouti et

certaines des questions non résolues. Très peu de choses dans ce qui est ici sont définitives et des réactions sont attendues⁹⁸. » Les gens qui reçurent « RFC 1 » eurent l'impression d'être inclus dans un processus ludique plutôt que de recevoir les ordres d'une bande de tsars des protocoles. C'était d'un réseau maillé qu'il était question ; il était donc logique d'essayer de mettre tout le monde dans le circuit.

Le processus des RFC inaugura le développement en open source des logiciels, des protocoles et des contenus. « Cette culture des processus ouverts a été essentielle en ce qu'elle a permis à Internet de croître et d'évoluer aussi spectaculairement qu'il l'a fait », dirait plus tard Crocker⁹⁹. Plus généralement, même, elle est devenue la norme de la collaboration à l'ère numérique. Trente ans après RFC 1, Vinton Cerf écrivit un RFC philosophique intitulé « La grande conversation », qui commençait ainsi : « Il y a bien longtemps, dans un réseau très, très loin d'ici... » Après avoir décrit la manière informelle dont les RFC avaient commencé, Cerf poursuivait : « Cachée dans l'histoire des RFC se trouve l'histoire des institutions humaines visant à aboutir au travail coopératif¹⁰⁰. » C'était une déclaration grandiose qui aurait pu sembler exagérée, sauf qu'elle correspondait à la réalité.

Fin août 1969, les RFC avaient déjà produit une foule de normes réglant les connexions hôte-routeur, juste au moment où le premier de ceux-ci fut livré au laboratoire de Kleinrock. Lorsqu'il arriva sur la baie de déchargement à UCLA, une douzaine de personnes étaient là pour l'accueillir : Crocker, Kleinrock, quelques autres membres de l'équipe, et Vinton Cerf avec son épouse, qui avait apporté du champagne. Ils furent surpris de voir que le routeur était de la taille d'un réfrigérateur et qu'il était revêtu, conformément au cahier des charges d'un matériel militaire – ce qu'il était –, d'une coque en acier gris torpilleur. Il fut poussé sur un chariot jusque dans la salle d'informatique, branché sur le secteur et mis en marche séance tenante. BBN avait fait du bon travail : la société avait livré dans les temps et au prix convenu.

Une seule machine ne fait pas un réseau. Ce fut seulement un mois plus tard, quand le deuxième routeur fut livré au SRI, à la périphérie du campus de Stanford, qu'ARPANET put véritablement démarrer. Le 29 octobre, la connexion était prête à être établie. L'événement eut le caractère anodin qui s'imposait. Il n'avait rien du côté spectaculaire du « *One small step for man, one giant leap for mankind* » prononcé sur la Lune quelques semaines auparavant avec un demi-milliard de téléspectateurs pour témoins. Au lieu de quoi ce fut un étudiant de licence, Charles S. Kline, qui, sous les yeux de Steve Crocker et de

Vinton Cerf, prit un casque téléphonique pour se coordonner avec un chercheur du SRI tout en entrant au clavier une séquence d'ouverture de session qui, espérait-il, permettrait à son terminal sur place à UCLA de se connecter par l'intermédiaire du réseau à l'ordinateur situé à Palo Alto, à cinq cent soixante-six kilomètres de là. Il tapa un « L ». L'homme du SRI lui dit qu'il l'avait reçu. Puis il tapa un « O ». Ce qui fut également confirmé. Lorsqu'il tapa « G », la mémoire se bloqua, contrariée par la saisie automatique, et le système se planta. Un premier message avait été néanmoins transmis via ARPANET. Il n'était pas aussi éloquent que « *The Eagle has landed*^{*4} » ou « *What hath God wrought*^{*5} », mais il était approprié dans sa suggestive discrétion : « LO ». Comme dans « *Lo and behold*^{*6} ». Dans son journal de bord, Kline enregistra l'événement avec une concision mémorable : « 22 h 30. Parlé avec SRI hôte à hôte. CSK¹⁰¹. »

C'est ainsi que dans la seconde moitié de l'année 1969 – perturbée par Woodstock, Ted Kennedy et Chappaquiddick, les manifestations contre la guerre du Vietnam, Charles Manson, le procès des Sept de Chicago et le funeste festival d'Altamont – trois projets historiques, chacun en développement depuis presque une décennie, atteignirent leur point culminant. La NASA réussit à envoyer un homme sur la Lune. Des ingénieurs de Silicon Valley purent concevoir une méthode pour mettre un ordinateur programmable sur une puce électronique appelée microprocesseur. Et l'ARPA créa un réseau qui pouvait relier des ordinateurs éloignés. Seule la première de ces entreprises (peut-être la moins significative sur le plan historique ?) fit les gros titres des journaux.

Internet

ARPANET n'était pas encore Internet. C'était juste un réseau parmi d'autres. En l'espace de quelques années, il y eut d'autres réseaux à transmission de paquets, qui étaient similaires, mais pas connectés. Par exemple, des ingénieurs du Xerox PARC à Palo Alto voulaient qu'un réseau local relie les stations de travail qu'ils étaient en train de mettre au point au début des années 1970, et Bob Metcalfe, qui avait récemment obtenu son doctorat à Harvard, trouva une manière d'utiliser un câble coaxial (du type qui se branche dans les boîtiers de télévision par câble) pour créer un système à haut débit qu'il appela « Ethernet ». Il était conçu sur le modèle d'un réseau sans fil développé à Hawaï, ALOHAnet, qui envoyait des données en paquet via des signaux UHF et satellitaires. En outre, il y avait un réseau de

packet-radios à San Francisco, PRNET, et aussi une version satellitaire, SATNET. Malgré leurs similitudes, ces réseaux à transfert de paquets n'étaient ni compatibles ni interfonctionnels.

Au début de 1973, Robert Kahn entreprit d'y remédier. Il devait y avoir moyen, estima-t-il, de permettre à tous ces réseaux de s'interconnecter, et il était bien placé pour y contribuer. Il avait quitté BBN, où il avait participé au développement des routeurs, pour devenir directeur de projet au Bureau des techniques de traitement de l'information de l'ARPA. Après avoir travaillé sur ARPANET puis sur PRNET, il se donna pour mission de créer une méthode pour les connecter entre eux et avec d'autres réseaux à transmission de paquets, système que ses collègues et lui appelèrent d'abord *internetwork* (« inter-réseau »), qui finirait par se raccourcir en *internet*.

Cherchant un associé dans cette entreprise, Kahn sollicita Vinton Cerf, qui avait été l'acolyte de Steve Crocker dans le groupe qui écrivait des RFC et élaborait les protocoles d'ARPANET. Cerf avait grandi à Los Angeles, où son père travaillait pour une société qui fabriquait des moteurs pour le programme spatial Apollo. Comme Gordon Moore, il joua dans son enfance avec un coffret du Petit Chimiste à l'époque où c'était délicieusement dangereux. « On avait des trucs comme de la poudre de magnésium, de la poudre d'aluminium, du soufre, de la glycérine et du permanganate de potassium, raconte-t-il. Quand on les mélangeait, ils s'enflammaient spontanément. » Comme les maths du CM2 l'ennuyaient, l'instituteur lui donna un livre d'algèbre de cinquième. « J'ai passé l'été à faire tous les problèmes du bouquin. Je préférais les problèmes avec du texte parce que c'était comme des romans policiers miniatures. Il fallait trouver qui était « x », et moi j'étais toujours curieux de savoir ce que cet « x » allait devenir. » En outre, il se passionna pour la science-fiction, notamment pour les récits de Robert Heinlein, et prit l'habitude de relire presque tous les ans la trilogie du *Seigneur des Anneaux* de J. R. R. Tolkien¹⁰².

Né prématurément, Cerf souffrait d'une surdité partielle ; il porta une prothèse auditive dès l'âge de treize ans. C'est vers cette époque qu'il commença aussi à aller au lycée en veste et cravate, avec une serviette. « Je ne voulais pas ressembler à tout le monde. Je voulais être différent, me faire remarquer. C'était un moyen efficace d'y parvenir, et c'était mieux que de porter un anneau dans le nez, ce que mon paternel n'aurait sans doute pas apprécié dans les années 1950¹⁰³. »

Au lycée, il trouva son meilleur copain en la personne de Steve Crocker ; ils passaient leurs week-ends à travailler sur des dossiers de

maths ou de physique-chimie et à jouer aux échecs tridimensionnels. Après être sorti diplômé de Stanford et avoir travaillé pendant deux ans chez IBM, il s'inscrivit en doctorat à UCLA, où il travailla dans le groupe de Leonard Kleinrock. C'est là qu'il rencontra Bob Kahn, et ils restèrent proches lorsque Kahn alla travailler chez BBN puis à l'ARPA.

Lorsque Kahn s'embarqua dans l'élaboration d'un « inter-réseau » au printemps 1973, il rendit visite à Cerf et lui décrivit tous les réseaux à transfert de paquets qui avaient fleuri après ARPANET. « Comment faire pour brancher tous ces différents types de réseaux les uns sur les autres ? » demanda Kahn. Cerf releva le défi, et ils se lancèrent dans trois mois d'une collaboration hyperactive qui conduirait à la création d'Internet. « Ça a tout de suite collé entre lui et moi dans cette affaire, dirait plus tard Kahn. Vint est le genre de mec qui aime retrousser ses manches et hop, au boulot. Pour moi, c'était comme une bouffée d'air frais¹⁰⁴. »

Ils commencèrent par organiser une réunion à Stanford en juin 1973 pour faire le plein d'idées. Le résultat de cette démarche collaborative, dirait plus tard Cerf, fut que la solution « s'avéra être le protocole ouvert avec lequel tout le monde avait bricolé à un moment ou un autre¹⁰⁵ ». Mais le plus gros fut accompli en duo par Kahn et Cerf, qui se terraient pour des séances de travail intense au Rickenbacker Hyatt de Palo Alto ou dans un hôtel près de l'aéroport de Washington-Dulles. « Vint aimait bien faire ces dessins de toiles d'araignée, raconte Kahn. Souvent, au milieu d'une conversation, il disait “Laisse-moi te dessiner ça¹⁰⁶.” »

Un jour d'octobre 1973, dans le hall d'un hôtel de San Francisco, Cerf dessina un simple croquis qui codifia leur démarche. Il montrait divers réseaux comme ARPANET et PRNET, chacun avec des tas d'ordinateurs hôtes qui y étaient connectés, et un ensemble d'ordinateurs « portails » qui achemineraient les paquets entre les réseaux. Finalement, ils passèrent tout un week-end ensemble au bureau de l'ARPA près du Pentagone, où ils restèrent presque deux nuits d'affilée avant de terminer sur un petit déjeuner triomphal au Marriott le plus proche.

Ils rejetèrent l'idée que les réseaux puissent chacun conserver leur protocole particulier, bien que c'eût été plus facile à faire accepter. Ils voulaient un protocole commun. Ce qui permettrait au futur inter-réseau d'avoir une croissance explosive, puisque n'importe quel ordinateur ou réseau employant le nouveau protocole pourrait s'y connecter sans avoir besoin d'un système de traduction. Le trafic entre ARPANET et n'importe quel autre réseau devrait être absolument homogène. Aussi Kahn et Cerf eurent-ils l'idée de faire adopter à tous

les ordinateurs la même méthode et la même matrice d'adressage des paquets. C'était comme si toutes les cartes postales expédiées dans le monde devaient comporter une adresse en quatre lignes précisant nom, rue et numéro, ville et pays et utilisant l'alphabet romain.

Le résultat fut un protocole Internet (IP pour *Internet Protocol*) qui spécifiait comment mettre la destination du paquet dans son en-tête d'adressage et contribuait à déterminer comment il voyagerait dans les réseaux pour y parvenir. Sur la couche supérieure se trouvait un protocole d'un niveau plus élevé, pour le contrôle de transmission (TCP pour *Transmission Control Protocol*), qui indiquait comment remettre les paquets dans le bon ordre à l'arrivée, vérifiait s'il en manquait un et demandait un nouvel envoi de toute information qui aurait été perdue. Ces protocoles furent connus sous le sigle « TCP/IP ». Bob Kahn et Vinton Cerf les publièrent sous la forme d'un article intitulé « Un protocole pour l'interconnexion des réseaux à transfert de paquets ». Internet était né.

Pour le vingtième anniversaire d'ARPANET en 1989, Kleinrock, Cerf et nombre d'autres pionniers se réunirent à l'UCLA, où le premier nœud du réseau avait été installé. Il y eut des poèmes, des chansons et des quatrains burlesques pour célébrer l'occasion. Vinton Cerf présenta une parodie de Shakespeare, intitulée « Rosencrantz et Ethernet », qui soulevait à la manière d'Hamlet la question du choix entre la commutation par paquets et les circuits dédiés :

Le monde entier est un réseau ! Et toutes les données qu'il cèle ne sont que simples paquets venus un instant dans les files d'attente différer leur départ et dont ensuite on n'entend plus parler. C'est un réseau en attente de commutation !

Commuter ou ne pas commuter ? Telle est la question :

Y a-t-il plus de sagesse dans la Toile à subir

Le départ différé des réseaux stochastiques

Ou à dresser des circuits contre une mer de paquets,

Et par la dédication les servir¹⁰⁷ ?

Une génération plus tard, en 2014, Vinton Cerf travaillait chez Google à Washington, toujours avec plaisir, et s'émerveillait encore des prodiges qu'ils avaient accomplis en créant Internet. Google Glass sur le nez, il notait que chaque année apporte quelque chose de nouveau. « Les réseaux sociaux – j'ai rejoint Facebook à titre

expérimental –, les applis commerciales, le portable, les nouveautés n'arrêtent pas de s'entasser sur Internet. Il s'est multiplié par un million. Il n'y a pas tellement de choses qui peuvent le faire sans se casser. Et pourtant les vieux protocoles que nous avons créés tiennent très bien le coup¹⁰⁸. »

La créativité en réseau

Alors qui a le plus contribué à la création d'Internet ? (Attendez pour sortir les inévitables blagues sur Al Gore. Nous parlerons de son rôle – oui, il en a eu un – au chapitre 10.) Comme pour la question de savoir qui a inventé l'ordinateur, la réponse est que ce fut un cas de créativité collaborative. Paul Baran l'expliquerait plus tard aux chroniqueurs technologiques Katie Hafner et Matthew Lyon, avec une belle métaphore qui s'applique à toute innovation :

« Le processus du développement technologique est comme la construction d'une cathédrale. Tout au long de plusieurs centaines d'années, de nouveaux ouvriers arrivent et chacun pose sa pierre par-dessus les anciennes fondations, et chacun dit : "J'ai construit une cathédrale." Le mois suivant, un autre bloc est placé sur le précédent. Puis arrive un historien qui demande : "Bon, qui a construit la cathédrale ?" Pierre a ajouté quelques blocs ici, et Paul en a ajouté quelques autres. Si vous ne faites pas attention, vous pouvez vous donner l'illusion que vous avez accompli le plus gros du travail. Mais la réalité est que chaque nouvelle contribution est obligée de continuer littéralement sur la base du travail précédent. Tout se tient dans l'édifice¹⁰⁹. »

Internet a été construit en partie par le gouvernement et en partie par des firmes du secteur privé, mais il fut essentiellement la création d'une cohorte informelle d'universitaires et de hackers qui travaillaient d'égal à égal et partageaient librement leurs idées créatives. Le résultat d'un tel partage entre pairs (*peer-to-peer*) fut un réseau qui facilitait à son tour le partage entre pairs. Ce n'est pas une simple coïncidence. Internet a été construit avec la conviction que le pouvoir devait être délocalisé au lieu d'être centralisé et que tout diktat autoritaire devait être circonvenu. Comme l'a formulé Dave Clark, l'un des premiers participants d'Internet Engineering Task Force, « nous rejetons les rois, les présidents et le vote. Nous croyons au consensus approximatif et à l'exécution des codes¹¹⁰. » Le résultat a été un terrain commun réseauté, un lieu où les innovations pouvaient relever de la production participative (*crowdsourcing*) et du code source ouvert (*open source*).

L'innovation n'est pas l'entreprise d'un individu solitaire, et Internet en a été l'exemple par excellence. « Avec les réseaux informatiques, la solitude de la recherche est supplantée par la richesse de la recherche partagée », proclamait le premier numéro d'*ARPANET News*, le bulletin officiel du nouveau réseau.

Les pionniers du réseau J. C. R. Licklider et Bob Taylor avaient compris qu'Internet, de par sa construction, avait naturellement tendance à encourager la connexion de pair à pair et la formation de communautés en ligne. Ce qui ouvrait d'attrayantes perspectives. « La vie sera plus heureuse pour l'individu connecté parce que les gens avec lesquels on interagit le plus fortement seront choisis plus sur la base d'une communauté d'intérêts et d'objectifs que par une proximité physique accidentelle, écrivaient-ils dans un article visionnaire de 1968 intitulé « L'ordinateur comme instrument de communication ». Leur optimisme frôlait l'utopie : « Il y aura maintes occasions pour quiconque (ayant les moyens de se payer une console) de trouver sa vocation, car l'intégralité du monde de l'information, avec tous ses domaines et disciplines, lui sera ouverte¹¹¹. »

Mais cela n'arriva pas immédiatement. Après la création d'Internet au milieu des années 1970, il manquait encore quelques innovations indispensables avant qu'il devienne aussi un outil de transformation. C'était encore une enclave sécurisée, principalement ouverte aux chercheurs des institutions militaires et des universités. Ce ne fut que dans les années 1980 que s'ouvrirent complètement des équivalents civils d'ARPANET, et il s'écoulerait encore une décennie avant que la plupart des usagers domestiques ordinaires ne puissent y entrer.

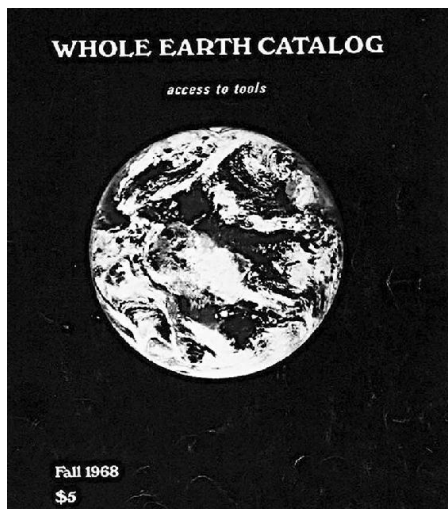
Il y avait de surcroît un autre facteur limitatif majeur : les seules personnes qui pouvaient utiliser Internet étaient celles ayant physiquement accès aux ordinateurs, qui étaient encore volumineux, intimidants, hors de prix, pas quelque chose qu'on pouvait aller en vitesse acheter au magasin d'électronique au coin de la rue. L'ère numérique ne pouvait devenir vraiment transformationnelle avant que les ordinateurs deviennent vraiment personnels.



Ken Kesey (1935-2001) tenant une flûte sur le toit du bus.



Stewart Brand (né en 1938).



Le premier numéro du Whole Earth Catalog (automne 1968).

*1. En 2010, les dépenses fédérales pour la recherche étaient déjà tombées à la moitié de celles du secteur privé.

*2. Le gouvernement a plusieurs fois changé d'avis sur la nécessité d'introduire un « D » pour « *Defense* » dans l'acronyme. L'agence a été créée en 1958 sous le nom d'ARPA. Renommée DARPA en 1972, elle est redevenue ARPA en 1993 puis à nouveau DARPA en 1996.

*3. Transformateur à haute fréquence capable de prendre une tension ordinaire, comme les 120 volts du secteur américain, pour en faire une tension hyper-élevée, déchargeant souvent son énergie sous forme d'arcs électriques spectaculaires.

*4. « L'Aigle [le module lunaire] a atterri » – Neil Armstrong, 20 juin 1969, comme la citation précédente. (*NdT*)

*5. « Ce que Dieu a fait » (Nombres 23.23), premier message télégraphique envoyé par Samuel Morse. (*NdT*)

*6. « Voilà », expression tirée de la Bible anglophone (Genèse 15.3). (*NdT*)

8.

L'ordinateur individuel

« Comme nous pouvons le penser »

L'idée d'un ordinateur *personnel*, une machine que des individus ordinaires pourraient manipuler et emmener chez eux, a été envisagée en 1945 par Vannevar Bush. Après avoir construit son gros calculateur analogique au MIT et aidé à créer le triangle militaire-industriel-universitaire, il écrivit pour le numéro de juillet 1945 de la revue *Atlantic* un essai^{*1} intitulé « Comme nous pouvons le penser¹ ». Il y imaginait une machine personnelle, qu'il appelait un *memex*, capable de stocker et de récupérer les paroles, les images d'un individu et d'autres informations : « Considérons un dispositif futur pour usage individuel, qui serait une sorte de fichier et de bibliothèque privée [...] Un *memex* est un dispositif dans lequel un individu stocke tous ses livres, toutes ses archives et communications, et qui est mécanisé de façon à pouvoir être consulté avec une rapidité et une flexibilité extrêmes. C'est une extension agrandie et intime de sa mémoire. » Le mot *intime* était important. Bush et ses disciples se concentrèrent sur les moyens d'établir des connexions rapprochées et personnelles entre l'homme et la machine.

Bush imagina que ce dispositif aurait un mécanisme de « saisie directe » des données, tel qu'un clavier, vous permettant de mettre en mémoire vos informations et vos archives. Il prédit même les liens hypertexte, le partage de fichiers et les manières de collaborer à des projets. « Des formes totalement nouvelles d'encyclopédies apparaîtront, toutes faites, avec un maillage de pistes associatives qui les sillonnent, prêtes à être introduites dans le *memex* où elles seront

développées et étendues. » Il anticipait Wikipedia avec un demi-siècle d'avance.

Il se trouva que les ordinateurs n'émergèrent pas comme Bush l'avait envisagé, du moins pas au début. Au lieu de devenir des outils et des banques de mémoire *personnels* à l'usage des particuliers, ils devinrent de monstrueux colosses industriels et militaires que des chercheurs utilisaient en temps partagé mais que l'individu moyen ne pouvait pas toucher. Au début des années 1970, des sociétés innovatrices telles que DEC fabriquaient des mini-ordinateurs de la taille d'un réfrigérateur, mais elles rejetaient l'idée qu'il puisse y avoir un marché pour des modèles qui tiendraient sur le dessus d'un bureau et que des gens ordinaires pourraient acheter et utiliser. « Je ne vois pas pourquoi quiconque voudrait avoir son propre ordinateur », déclara le président de DEC, Ken Olsen, lors d'une réunion de mai 1974 où sa commission des opérations se demandait s'il fallait créer une version modèle réduit du PDP-8 pour les particuliers². Résultat : la révolution de l'ordinateur individuel, quand elle éclata au milieu des années 1970, fut menée par des entrepreneurs crasseux qui créèrent des sociétés comme Altair et Apple dans des centres commerciaux au bord des autoroutes et dans des garages.

Le brouet culturel

L'ordinateur individuel a été rendu possible par un certain nombre d'avancées technologiques, la plus notable étant le microprocesseur, circuit gravé sur une minuscule puce électronique qui intégrait toutes les fonctions de l'unité centrale d'un ordinateur. Mais les forces sociales contribuent aussi à impulser et à façonner des innovations, qui portent alors la marque du milieu culturel dans lequel elles sont nées. Il y a rarement eu un amalgame culturel aussi puissant que celui qui bouillonna autour la baie de San Francisco à partir des années 1960, et il s'avéra assez mûr pour produire des ordinateurs mijotés à la maison.

Quelles étaient les tribus qui formaient ce mélange culturel³ ? Tout commença par les ingénieurs avec leurs batteries de stylos dans leurs poches antifuites, qui migrèrent vers cette région avec la croissance des fournisseurs aux armées, tels que Westinghouse et Lockheed. Ensuite naquit la culture entrepreneuriale des start-up, symbolisée par Intel et Atari, où la créativité était encouragée et les bureaucraties abrutissantes dédaignées. Les hackers qui émigrèrent à l'Ouest à partir du MIT apportèrent leur obsession d'ordinateurs palpables au clavier accueillant, qu'ils pourraient toucher et avec lesquels ils pourraient jouer. Il y avait aussi une sous-culture peuplée de *wireheads* maniaques

des branchements, de *phreakers*, ces pirates téléphoniques, et de bricoleurs endurcis qui prenaient leur pied à squatter les lignes téléphoniques de la Bell ou les ordinateurs en temps partagé des grosses sociétés. En outre, émanant de San Francisco et de Berkeley, il y avait des idéalistes et des organisateurs associatifs qui recherchaient des moyens, pour reprendre les termes de l'activiste Liza Poop, « de coopter les avancées technologiques dans un but progressiste et triompher par là de l'esprit bureaucratique⁴ ».

Il faut ajouter à cet éclectisme trois courants contre-culturels. Il y avait les hippies, issus de la Beat Generation de la périphérie san-franciscaine et dont la joyeuse rébellion anticonformiste était alimentée par les psychotropes et le rock. Il y avait les activistes de la Nouvelle Gauche, à l'origine du Mouvement pour la liberté d'expression à Berkeley et des manifestations contre la guerre du Vietnam sur les campus du monde entier. Enfin, imbriqués dans le tissu de ces mouvements, il y avait les communautaristes de la Whole Earth – la « Terre entière » –, qui croyaient à la maîtrise de leurs propres outils, au partage des ressources, à la résistance au conformisme et à l'autorité centralisée imposés par les élites au pouvoir.

Si différentes ces tribus soient-elles les unes des autres, leurs univers s'interpénétraient et elles partageaient de nombreuses valeurs. Elles aspiraient à une créativité de bricoleur alimentée par la construction de radios en kit à l'adolescence, la lecture du *Whole Earth Catalog* à la fac et des fantasmes sur la possibilité d'entrer un jour dans une communauté. Elles portaient profondément en elles cette conviction très américaine, si mal comprise par Tocqueville, qu'un individualisme à tous crins et le désir de former des associations étaient totalement compatibles, voire complémentaires, surtout quand ils impliquaient une création collaborative. La culture américaine du « faire », depuis le temps des constructions collectives de granges et des ouvroirs de couture villageois, impliquait plus souvent le « faire-nous-mêmes » (*do-it-ourselves*) que le « faire-soi-même » (*do-it-yourself* ou *DIY*). En outre, un grand nombre de ces tribus nées autour de la baie de San Francisco à la fin des années 1960 partageaient une résistance aux élites du pouvoir et le désir de prendre en main leur propre accès à l'information. Il fallait rendre la technologie ouverte, sympathique et conviviale plutôt qu'intimidante, mystérieuse et orwellienne. Comme le formulerait en 2013 Lee Felsenstein, l'une des incarnations de beaucoup de ces courants culturels, « nous voulions qu'il y ait des ordinateurs individuels de façon à pouvoir nous libérer des contraintes des institutions, qu'elles soient gouvernementales ou industrielles⁵. »

Ken Kesey fut l'inspirateur de la branche hippie de cette arborescence culturelle. Après avoir obtenu son diplôme à l'université de l'Oregon, il arriva dans la région de la baie de San Francisco en 1958 pour s'inscrire en troisième cycle au programme d'écriture créative de Stanford. Tout étudiant qu'il était, il travaillait dans l'équipe de nuit d'un hôpital psychiatrique et avait accepté de servir de cobaye pour le projet MKUltra, série d'expériences financées par la CIA afin de tester – entre autres – les effets d'une substance psychotrope, le LSD. Kesey finit par aimer cette drogue, et à l'excès. L'écriture créative, sa rémunération en acide au titre du MKUltra et son travail comme infirmier psychiatrique se combinèrent en une mixture inflammable qui déboucha sur son premier roman, *Vol au-dessus d'un nid de coucou*.

Tandis que d'autres créaient des entreprises d'électronique dans la périphérie de Stanford, Kesey utilisa l'argent gagné avec son livre, combiné avec un peu d'acide qu'il avait réussi à détourner des expériences de la CIA, pour former une communauté de hippies des premiers jours, les Merry Pranksters – « les Joyeux Farceurs ». En 1964, sa bande et lui s'embarquèrent dans une odyssée psychédélique à travers les États-Unis, dans un vieux bus scolaire de la marque International Harvester surnommé *Furthur* (pour *further*, « en avant ! » – la graphie serait corrigée plus tard) repeint en couleurs fluo.

À son retour, Kesey commença à organiser une série d'Acid Tests chez lui, puis, fin 1965, décida, puisqu'il n'était pas seulement un hippie, mais aussi un entrepreneur, de les faire en public. L'un des tout premiers eut lieu en décembre de la même année au Big Ng's, une boîte de nuit avec orchestre à San Jose. Kesey engagea un groupe de rock qui lui plaisait, les Warlocks, dirigés par Jerry Garcia, qui venaient de se rebaptiser The Grateful Dead – « Les Morts reconnaissants⁶ ». Le Flower Power était né.

Il y eut concurremment la montée d'un phénomène culturel associé, le mouvement pacifiste, qui partageait cet esprit contestataire. La confluence des sensibilités hippie et anti-guerre du Vietnam conduisit à de mémorables inventions qu'on trouve folkloriques aujourd'hui, mais qui étaient prises au sérieux à l'époque, telles des affiches psychédéliques (lettres molles et couleurs fluos) vous exhortant à « Faire l'amour pas la guerre » et des T-shirts artisanaux colorés au tie-dye et portant des symboles pacifistes.

Les mouvements hippie et pacifiste se méfiaient tous les deux de l'informatique, du moins au début. Les monstrueux gros systèmes avec leurs bandes magnétiques bourdonnantes et leurs voyants clignotants étaient considérés comme des outils orwelliens déshumanisants au

service du Big Business américain, du Pentagone et du Pouvoir. Dans *Le Mythe de la machine*, le sociologue Lewis Mumford nous avertissait que la montée en puissance de l'informatique pourrait signifier que « l'homme deviendra un animal passif, sans but, conditionné par la machine⁷ ». Dans les manifestations pacifistes et les communautés hippies, de Sproul Plaza à Berkeley au carrefour Haight-Ashbury à San Francisco, l'injonction imprimée sur les cartes perforées, « Ne pas plier, froisser ou mutiler » devint un slogan ironique.

Or, au début des années 1970, quand la possibilité d'ordinateurs personnels se manifesta, les attitudes commencèrent à changer. « L'informatique, d'abord considérée comme un outil détestable du contrôle bureaucratique, fut ensuite accueillie comme un symbole de l'expression et de la libération individuelles », écrivait John Markoff dans son historique de cette période, *Ce que disait le Loir : comment la contre-culture a façonné l'industrie de l'ordinateur individuel*⁸. Dans *Le Regain américain*, qui tint lieu de manifeste pour cette nouvelle époque, Charles Reich, professeur à Yale, dénonçait les vieilles hiérarchies de la société et de l'entreprise et appelait de ses vœux des structures nouvelles qui encourageraient la collaboration et l'émancipation personnelle. Au lieu de critiquer l'informatique en tant qu'outil de l'ancienne structure du pouvoir, il soutenait qu'elle pouvait contribuer au changement des mentalités si on la rendait plus personnelle : « La machine, une fois qu'elle a été construite, peut désormais servir des desseins humains afin que l'homme puisse redevenir une force créative, renouvelant et recréant sa propre vie⁹. »

Un techno-tribalisme commença d'émerger. Des gourous de la technologie tels que Norbert Wiener, Buckminster Fuller et Marshall McLuhan devinrent des auteurs incontournables dans les résidences universitaires et les communautés. Dans les années 1980, l'évangéliste du LSD Timothy Leary actualiserait son célèbre mantra « *Turn on, tune in, drop out* » – « branchez-vous, mettez-vous en phase et décrochez » – en « *Turn on, boot up, jack in* » – « branchez-vous, initialisez et connectez-vous »¹⁰.

Richard Brautigan était poète en résidence à Caltech en 1967, année où il saisit la quintessence de la nouvelle culture dans un poème, « All Watched Over by Machines of Loving Grace » (« Tous sous la garde des machines de grâce aimante »), qui commençait ainsi¹¹ :

*Il me plaît de penser (et le plus tôt
sera le mieux !)
à une prairie cybernétique
où mammifères et ordinateurs*

*vivent ensemble dans une harmonie
mutuellement programmatrice
comme l'eau pure
touchant le ciel limpide.*

Stewart Brand

La personne qui incarna le mieux et encouragea avec le plus d'exubérance cette connexion entre *techies* et *hippies* était un grand escogriffe au sourire ravageur qui se matérialisa tel un lutin dégingandé à l'intersection de divers mouvements culturels marginaux festifs tout au long de trois décennies. « Le mépris de la contre-culture pour l'autorité centralisée a fourni les fondements philosophiques pour la révolution de l'informatique individuelle tout entière », écrivait-il pour *Time* en 1995 dans un essai intitulé « Tout ça, nous le devons aux hippies ».

« Le communautarisme et les démarches libertaires des hippies formèrent les racines de la cyber-révolution moderne [...] La plupart des gens de notre génération méprisaient les ordinateurs vus comme l'incarnation du contrôle centralisé. Mais un minuscule contingent d'entre nous – qualifiés plus tard de “hackers” – adoptèrent les ordinateurs et entreprirent de les transformer en instruments de libération. Ce qui se révéla être la vraie voie royale menant à l'avenir [...] de juvéniles programmeurs qui entraînèrent délibérément le reste de la civilisation loin des gros systèmes informatiques centralisés¹². »

Brand était né en 1938 à Rockford, dans l'Illinois, où son père était associé dans une agence publicitaire. Comme tant de pères d'entrepreneurs numériques, il était radioamateur. Après une licence en biologie à Stanford, où il était au ROTC, le Corps de formation des officiers de l'armée de terre, Brand servit deux années comme officier dans l'infanterie, où il fit aussi un stage de parachutiste et un autre de photographe militaire. Il entama alors une existence joyeuse sinuant entre divers groupes socio-culturels à l'intersection passionnante où s'entremêlent technologie et *performance art*¹³.

On ne sera pas surpris d'apprendre que cette vie à la pointe de la technologie et de la création conduisit Brand à devenir l'un des premiers expérimentateurs du LSD. Après avoir été initié à cette substance dans un cadre pseudo-clinique près de Stanford en 1962, il devint un habitué des réunions des Merry Pranksters de Ken Kesey. Il fut aussi photographe, technicien et producteur d'un collectif

multimédias appelé USCO, qui organisait des événements impliquant de l'acid rock, des trucages technologiques, des stroboscopes, des projections et des représentations qui sollicitaient la participation du public. Ils comportaient à l'occasion des conférences de Marshall McLuhan, Richard Alpert et d'autres prophètes du New Age. Un article promotionnel sur USCO notait que ce groupe « unit les cultes du mysticisme et de la technologie pour en faire la base de l'introspection et de la communication », expression qui tenait lieu de credo pour les techno-spiritualistes. La technologie était l'outil de l'expression qui pouvait repousser les frontières de la créativité et, comme la drogue et le rock, être contestataire.

Pour Brand, le slogan contestataire des années 1960, « Le pouvoir au peuple ! » commença à sonner creux quand il fut utilisé par les activistes politiques de la Nouvelle Gauche, mais l'informatique offrait une authentique possibilité d'émancipation de l'individu. « Le pouvoir au peuple, c'était un mensonge romantique, dirait-il plus tard. L'informatique a fait plus que la politique pour changer la société¹⁴. » Il visita le Laboratoire d'intelligence artificielle de Stanford et rédigea en 1972 un article pour *Rolling Stone*, où il le décrivit comme « le lieu le plus branché et le plus *buzzant* où j'aie eu l'occasion de me trouver depuis les Acid Tests des Merry Pranksters ». Il comprit que cette combinaison de la contre-culture et de la cyberculture était la recette d'une révolution numérique : « Les farfelus qui bossent dans l'informatique » arracheraient le pouvoir aux « institutions riches et puissantes. Que nous soyons prêts ou non, les ordinateurs viennent à nous. C'est une bonne nouvelle, peut-être la meilleure depuis les psychédéliques. » Cette vision utopique, ajouta-t-il, était « dans la droite ligne des fantasmes romantiques des précurseurs de cette science, tels que Norbert Wiener, J. C. R. Licklider, John von Neumann et Vannevar Bush¹⁵ ».

Toutes ces expériences amenèrent Brand à devenir l'impresario et le technicien pour l'un des événements fondateurs de la contre-culture des années 1960, le Trips Festival de janvier 1966 au Longshoreman's Hall de San Francisco. Après les joies des Acid Tests hebdomadaires du mois de décembre, Brand proposa à Kesey qu'ils en fassent une version géante qui durerait trois jours. Cet extravagant spectacle s'ouvrit avec la propre troupe de Brand, America Needs Indians, qui présentait un « sensorium » impliquant un *light show* de haute technologie, des projections de diapositives, de la musique et des danseurs amérindiens. Il fut suivi de ce que le programme décrivait comme des « révélations, audioprojections, une explosion sans fin, le congrès des merveilles, des projections liquides et le Jazz Mice Septet ». Et ce n'était que le premier soir. Le coup d'envoi de la

deuxième soirée fut donné par Kesey qui, arrêté pour possession de drogues quelques jours plus tôt sur le toit de chez Brand à North Beach, était libéré sous caution et orchestrait le spectacle depuis un pupitre en haut d'un échafaudage. Au programme : les Merry Pranksters et leur Symphonie psychédélique, Big Brother and the Holding Company, les Grateful Dead et des membres du groupe local des Hell's Angels. L'essayiste Tom Wolfe tenta de saisir l'esprit technopsychédélique dans son ouvrage fondateur du Nouveau Journalisme, *The Electric Kool-Aid Acid Test* :

« La salle est balayée par des faisceaux lumineux et des films ; cinq projecteurs de cinéma tournent simultanément et Dieu sait combien de *light-machines* et de générateurs d'interférences, un océan intergalactique de science-fiction éclabousse les murs, des haut-parleurs sont plantés tout autour de la salle comme des lustres incandescents, des stroboscopes explosent, des projecteurs de lumière noire sont braqués sur des objets luminescents (de la peinture fluo est à disposition pour qui veut jouer avec), des feux de carrefour clignotent en rouge et jaune à chaque entrée, et une troupe de filles bizarres en justaucorps fait le tour de la salle en bondissant et en soufflant dans des sifflets à ultrasons. »

La dernière soirée célébra la technologie avec encore plus d'enthousiasme. « Puisque l'élément commun de tous les spectacles est l'ÉLECTRICITÉ, cette soirée sera programmée en direct à partir de stimuli fournis par un BILLARD ÉLECTRIQUE, exultait le programme. Le public est invité à porter des TENUES EXTATIQUES et à amener ses propres GADGETS (des prises secteur seront fournies)¹⁶. »

Certes, ce Trips Festival dérangeait avec sa conjonction de la drogue, du rock et de la technologie – « acide et prises secteur fournis ! » Mais, de manière significative, il se révéla être une présentation quintessentielle de la fusion qui façonna l'ère de l'ordinateur individuel : la technologie, la contre-culture, l'esprit d'entreprise, les gadgets, la musique, l'art et l'ingénierie. De Stewart Brand à Steve Jobs, ces ingrédients influencèrent une vague d'innovateurs de la région de San Francisco qui étaient à leur aise à l'interface entre Silicon Valley et Haight-Ashbury. « Le Trips Festival marqua l'émergence de Stewart Brand comme entrepreneur de la contre-culture – mais dans un moule profondément technocratique », notait l'historien culturel Fred Turner¹⁷.

Un mois après le Trips Festival, en février 1966, Brand était assis sur le toit gravillonné de son domicile de North Beach, à San Francisco, et se délectait des effets de cent microgrammes de LSD. En contemplant

l'horizon, il médita une pensée qu'avait exprimée Buckminster Fuller : si notre perception voit le monde comme une surface plate qui s'étend indéfiniment, plutôt qu'un monde sphérique et de dimension limitées, c'est parce que nous ne l'avons encore jamais vu depuis l'espace. Encouragé par l'acide, il se mit à réfléchir à la petitesse de la Terre et aussi à l'importance qu'il y aurait à faire partager cette vision. « Il fallait que l'idée soit diffusée, ce point d'appui fondamental du levier contre tous les maux du monde, se rappelle-t-il. Une photographie ferait l'affaire – une photo en couleur de la Terre prise de l'espace. Tout le monde verrait la Terre entière, minuscule, dérivant dans l'espace, et personne ne percevrait jamais plus les choses de la même façon¹⁸. » Il croyait que cela encouragerait la pensée à l'échelle mondiale, l'empathie pour tous les habitants de la Terre et la connectivité.

Il résolut de convaincre la NASA de prendre pareille photo. Aussi, avec la sagesse non conformiste que donne l'acide, il décida de produire des centaines de badges afin que les gens de l'ère pré-Twitter puissent répandre la bonne parole : « Pourquoi n'avons-nous pas encore vu de photos de la Terre entière ? » y lisait-on. Son plan était d'une simplicité enfantine : « J'ai préparé une pancarte d'homme-sandwich peinte en fluo, avec une petite étagère pour les badges à vendre sur le panneau de devant, j'ai pris une combinaison d'aviateur blanche, avec des bottes, et un chapeau haut de forme où j'avais piqué un cœur et une fleur en cristal, et je suis allé faire mes débuts à la Sather Gate, une des entrées de l'université de Californie à Berkeley, où je vendais mes badges pour vingt-cinq cents. » Les autorités universitaires lui rendirent le service de l'expulser du campus, ce qui suscita un article dans le *San Francisco Chronicle*, contribuant ainsi à faire connaître cette croisade en solitaire. Il alla porter la bonne parole dans d'autres universités d'un bout à l'autre des États-Unis, et termina à Harvard et au MIT. « Mais qui c'est, celui-là ? » demanda un doyen du MIT en regardant Brand improviser une conférence tout en vendant ses badges. « C'est mon frère », dit Peter Brand, chargé de cours au MIT¹⁹.

En novembre 1967, la NASA obtempéra. Son satellite *ATS-3* prit une photo de la Terre depuis une altitude de trente-quatre mille kilomètres, qui servit de première de couverture et d'inspiration pour l'aventure suivante de Brand, le *Whole Earth Catalog*. Comme le titre l'impliquait, c'était (ou du moins prétendait l'être) un catalogue qui estompait habilement la distinction entre consumérisme et communautarisme. Son sous-titre, « Accès aux outils », combinait les sensibilités de la contre-culture du retour à la terre et l'objectif de l'émancipation par la technologie. Sur la première page de la première

édition, Brand écrivait : « Un royaume de pouvoir intime et personnel est en train de se développer – le pouvoir pour l'individu de gérer lui-même son instruction, de trouver lui-même son inspiration, de façonner son environnement et partager son aventure avec quiconque s'y intéresse. Les outils contribuant à ce processus sont recherchés par le *Whole Earth Catalog*, qui en fait la promotion. » Suivait un poème de Buckminster Fuller : « Je vois Dieu dans les instruments et mécanismes au fonctionnement fiable... » La première édition comportait des articles comme *La Cybernétique* de Norbert Wiener et un calculateur programmable Hewlett-Packard, en compagnie de vestes en daim et de perles à collier. La prémisse sous-jacente était que l'amour de la Terre et l'amour de la technologie pouvaient coexister, que les hippies devraient faire cause commune avec les ingénieurs et que le futur serait un festival où des prises secteur seraient fournies²⁰.

La démarche de Brand ne relevait pas de la Nouvelle Gauche. Elle n'était même pas antimatérialiste non plus, vu sa célébration des jeux et des gadgets qu'on pouvait acheter. Mais il réussit mieux que quiconque à rassembler un grand nombre des tendances culturelles de cette période, depuis les hippies défoncés au LSD jusqu'aux ingénieurs en passant par les idéalistes communautaires qui cherchaient à résister à la mainmise centralisée de la technologie. « Brand a assuré le travail de marketing pour le concept de l'ordinateur individuel à travers son *Whole Earth Catalog* », déclare son ami Lee Felsenstein²¹.

Douglas Engelbart

Peu après la publication de la première édition du *Whole Earth Catalog*, Brand participa en décembre 1968 à la production d'un événement qui était un écho insolite de sa techno-chorégraphie du Trips Festival en janvier 1966. Surnommée « la Mère de toutes les démos », cette spectaculaire présentation devint l'événement fondateur de la culture de l'ordinateur individuel, tout comme le Trips Festival l'avait été pour la culture hippie. Il se produisit parce que, tel un aimant, Brand attirait naturellement les personnalités intéressantes et s'attachait à elles. Cette fois, c'était un ingénieur, Douglas Engelbart, qui s'était choisi pour mission d'inventer des moyens par lesquels l'informatique pourrait augmenter l'intelligence humaine.

Le père d'Engelbart, ingénieur en électricité, avait un magasin à Portland, en Oregon, où il vendait et réparait des postes de radio ; son grand-père, propriétaire de barrages hydroélectriques dans le Nord-Ouest Pacifique, aimait faire visiter aux membres de la famille les gigantesques centrales et leur montrer comment fonctionnaient turbines et générateurs. Il était donc normal que le jeune Douglas

développe une passion pour l'électronique. Au lycée, il avait entendu dire que la Marine avait une école plus ou moins secrète où elle formait des techniciens à une mystérieuse nouvelle technologie appelée le radar. Aussi étudia-t-il assidûment pour y être accepté, et il y réussit²².

Il eut sa grande révélation pendant son service dans la Marine. Il avait embarqué sur un bateau qui appareillait juste au sud du Bay Bridge à San Francisco, et tandis que les marins faisaient des signes d'adieu, les haut-parleurs de bord annoncèrent que le Japon avait capitulé et que la Seconde Guerre mondiale était finie. « Nous avons tous crié "Demi-tour ! On rentre et on va arroser ça !" », raconte Engelbart. Mais le vaisseau continua sur sa lancée « droit dans le brouillard et le mal de mer » jusqu'au golfe de Leyte aux Philippines²³. Sur l'île de Leyte, Engelbart s'isolait chaque fois qu'il le pouvait dans une hutte au toit de chaume montée sur pilotis qui hébergeait une bibliothèque de la Croix-Rouge ; c'est là qu'il tomba sous le charme d'une réimpression abondamment illustrée dans *Life* de l'article de Vannevar Bush « Comme nous pouvons le penser », où il avait imaginé le *memex*, ce système personnel d'information²⁴. « J'ai été carrément emballé par tout ce concept, l'idée d'aider les gens à travailler et à penser de cette manière », raconte Engelbart²⁵.

Après son service dans la Marine, il obtint une licence en ingénierie à l'université d'État de l'Oregon, puis travailla à l'Ames Research Center, le précurseur de la NASA, à Silicon Valley. D'une timidité malade, il s'inscrivit comme débutant avancé à un cours de danse folklorique grecque au Centre culturel polyvalent de Palo Alto afin de rencontrer une femme qu'il puisse épouser, et il y réussit. Au lendemain de ses fiançailles, tandis qu'il se rendait au travail en voiture, il ressentit une inquiétante appréhension qui allait changer sa vie : « Quand je suis arrivé au travail, je me suis rendu compte que je n'avais plus un seul but²⁶. »

Les deux mois suivants, il s'appliqua assidûment à trouver un but respectable pour son existence : « J'ai regardé toutes les croisades auxquelles on pouvait participer, pour voir comment je pourrais me recycler. » Il fut frappé par le fait que tout effort entrepris pour changer le monde était complexe. Il songea aux gens qui essayaient de combattre la malaria ou d'augmenter la production alimentaire dans les pays pauvres et découvrit que cela débouchait sur une gamme complexe d'autres problèmes tels que la surpopulation et l'érosion des sols. Pour réussir dans n'importe quel projet ambitieux, il fallait évaluer toutes les ramifications complexes d'une action, soupeser les probabilités, partager des informations, organiser les gens, et ainsi de suite. « Et puis un jour il m'est venu brutalement à l'esprit – BOUM ! –,

que la *complexité* était fondamentale. Et ç'a été le déclic ! Si, d'une manière ou d'une autre, on pouvait contribuer de manière significative à aider les humains à gérer la complexité et l'urgence, ce serait universellement utile²⁷. » Pareille entreprise ne se contenterait pas de traiter un problème du monde parmi d'autres : elle donnerait aux gens les outils nécessaires pour s'attaquer à *n'importe quel* problème.

Engelbart décida que le meilleur moyen d'aider les gens à gérer la complexité consistait à suivre l'orientation donnée par Vannevar Bush. Il essaya d'imaginer la manière de présenter des informations graphiques sur un écran en temps réel, et sa formation d'opérateur radar lui fut très utile : « En l'espace d'une heure, j'avais l'image de quelqu'un assis devant un grand écran plein de toutes sortes de symboles, et on pouvait agir sur des tas de choses pour faire tourner l'ordinateur²⁸. » Ce jour-là, il se proposa comme mission de trouver les moyens de permettre aux gens de décrire visuellement ce qu'ils pensaient et de les connecter à d'autres gens afin qu'ils collaborent – bref, des ordinateurs interactifs en réseau dotés d'affichages graphiques.

Mais on était en 1950, cinq ans avant la naissance de Bill Gates et de Steve Jobs. Les tout premiers ordinateurs commerciaux, tels que l'UNIVAC, n'étaient pas encore disponibles au public. Mais Engelbart accepta pleinement la vision de Vannevar Bush, à savoir qu'un jour les gens auraient leurs terminaux personnels, avec lesquels ils pourraient manipuler, stocker et partager des informations. Cette conception généreuse avait besoin d'un nom convenablement grandiose, et Engelbart en trouva un : *intelligence augmentée*. Afin de servir comme éclaireur dans cette croisade, il s'inscrivit à Berkeley en informatique et obtint son doctorat en 1955.

Engelbart était l'un de ces individus capables de projeter l'intensité de leur pensée en parlant d'une voix étrangement calme et monocorde. « Quand il sourit, son visage est mélancolique et juvénile, mais dès que l'énergie de sa progression est stoppée et qu'il se tait pour réfléchir, ses yeux bleu pâle semblent exprimer la tristesse ou la solitude, raconte un de ses amis intimes. Sa voix, lorsqu'il vous salue, est faible et douce, comme changée après avoir parcouru une grande distance. Il est à la fois timide et chaleureux, aimable et obstiné²⁹. »

Pour dire les choses franchement, Engelbart donnait parfois l'impression qu'il n'était pas né sur cette planète, ce qui ne l'aidait pas à obtenir un financement pour son projet. Il fut finalement recruté en 1957 pour travailler sur les systèmes magnétiques de stockage de

données au Stanford Research Institute (SRI), établissement non lucratif autonome créé par l'université en 1946. L'intelligence artificielle était en vedette au SRI, et plus particulièrement la création d'un système qui imiterait les réseaux de neurones du cerveau humain.

Mais cette quête de l'intelligence artificielle ne passionnait pas Engelbart, qui ne perdait jamais de vue sa mission : augmenter l'intelligence humaine en créant des machines comme le *memex* de Vannevar Bush qui puissent travailler étroitement avec les humains et les aider à organiser leurs informations. Cet objectif, dirait-il plus tard, était né de son respect envers l'esprit humain, cette « ingénieuse invention ». Au lieu d'essayer de le reproduire dans une machine, Engelbart se concentra sur la manière dont « l'ordinateur pourrait interagir avec les différentes aptitudes que nous possédons déjà³⁰ ».

Il retravailla des années durant son projet d'article décrivant sa vision, jusqu'à ce qu'il atteigne quarante-cinq mille mots, le calibrage d'un petit livre. Il le publia en octobre 1962 sous la forme d'un manifeste intitulé « Augmenter l'intellect humain ». Il commençait par expliquer qu'il ne cherchait pas à remplacer la pensée humaine par l'intelligence artificielle. Au lieu de quoi il soutenait que les talents intuitifs de l'esprit humain devraient se combiner avec les capacités de traitement de la machine pour produire « un domaine intégré où les intuitions, les approximations, les valeurs immatérielles et la “perception humaine de la situation” coexistent utilement avec de puissants concepts, une terminologie et une notation unifiées, des méthodes élaborées et des aides électroniques performantes. » Avec des détails minutieux, il donnait de nombreux exemples de la manière dont fonctionnerait cette symbiose entre l'humain et l'ordinateur, notamment celui d'un architecte utilisant un ordinateur pour concevoir un immeuble et un cadre supérieur qui assemble des informations pour produire un rapport illustré³¹.

Tandis qu'il travaillait son texte, Engelbart écrivit une lettre d'admirateur à Vannevar Bush, et il consacra toute une section de l'article à une description du *memex*³². Douze ans après que Bush eut écrit « Comme nous pouvons le penser », il y avait toujours un aspect radical dans son idée voulant qu'humains et ordinateurs interagissent en temps réel au travers d'interfaces simples comprenant des écrans graphiques, des curseurs et des dispositifs de saisie. Engelbart souligna que son système à lui ne serait pas uniquement pour les maths : « Toute personne qui pense avec des concepts symbolisés (que ce soit sous la forme de la langue anglaise, de pictogrammes, de la logique formelle ou des mathématiques) devrait en tirer un profit significatif. » Ada Lovelace aurait été enthousiasmée.

Le traité d'Engelbart parut le mois où Licklider, qui avait exploré les mêmes concepts deux ans plus tôt dans son article sur « La symbiose homme-ordinateur », prit la direction de l'IPTO, le Bureau des techniques de traitement de l'information de l'ARPA. Accorder des subventions fédérales à des projets prometteurs faisait partie des attributions de son nouveau poste. Engelbart se mit sur les rangs. « J'étais devant la porte avec ce rapport de 1962 et une proposition, raconte-t-il. Je me suis dit, "Tout de même, avec tous les trucs qu'il dit vouloir faire, comment pourrait-il me dire non³³ ?" » Il ne le pouvait pas, en effet, et Engelbart eut donc une subvention de l'ARPA. Bob Taylor, qui était encore à la NASA, lui donna aussi des fonds. C'est ainsi qu'il put créer son propre centre de recherche au SRI. Ce fut un nouvel exemple de la manière dont les subventions gouvernementales accordées à la recherche spéculative finiraient à être remboursées au centuple par les applications pratiques.

La souris et le NLS

La subvention de la NASA accordée par Bob Taylor était censée s'appliquer à un projet autonome ; Engelbart décida de s'en servir pour trouver le moyen de permettre aux humains d'interagir facilement avec des machines³⁴. « Cherchons donc du côté des dispositifs de sélection à l'écran », suggéra-t-il à son collègue Bill English³⁵. Son objectif était de trouver le moyen le plus simple qu'aurait l'utilisateur de montrer quelque chose sur l'écran et de le sélectionner. Des dizaines de solutions concurrentes pour déplacer un curseur sur l'écran étaient alors testées par les chercheurs : crayons optiques, joysticks, boules suiveuses, pavés sensibles, tablettes avec stylets ; il y avait même un système que l'utilisateur devait contrôler avec les genoux. Engelbart et English les testèrent tous. « Nous avons chronométré le temps qu'il fallait à chaque utilisateur pour amener le curseur sur l'objet », précise Engelbart³⁶. Les crayons optiques semblaient être les plus simples, par exemple, mais ils exigeaient de l'utilisateur qu'il les prenne et les repose à chaque fois, ce qui était fatigant.

Ils firent un tableau des avantages et inconvénients de chaque dispositif, ce qui aida Engelbart à imaginer des périphériques qui n'avaient pas encore été conçus : « Tout comme les règles de la table périodique ont conduit à la découverte de certains éléments précédemment inconnus, ce tableau a, en dernière analyse, défini les caractéristiques souhaitables d'un dispositif qui n'existait pas encore. »

Un jour de 1961, il participait à un colloque et se laissa entraîner dans une rêverie. Il se rappela un dispositif mécanique qui l'avait fasciné quand il était au lycée – un planimètre, qui calculait l'aire d'une surface quand on le faisait rouler pour en suivre les contours. Il utilisait deux roues perpendiculaires, l'une horizontale et l'autre verticale, pour totaliser la distance parcourue dans les deux directions : « Rien qu'en pensant à ces deux roues, j'ai trouvé rapidement le reste, c'était très simple et j'ai fait un croquis³⁷. » Dans son carnet, il montrait comment le dispositif pourrait rouler sur un bureau tandis que ses deux roues enregistreraient des tensions plus élevées ou plus faibles à chaque changement de direction. La valeur de cette tension pourrait être transmise via un cordon à l'écran de l'ordinateur pour déplacer un curseur de haut en bas et de droite à gauche.

Le résultat, à la fois simple et profond, était l'expression physique classique de l'idéal de l'augmentation et des impératifs du passage à la pratique. Il utilisait le talent humain de la coordination cerveau-main-œil (chose que les robots ne savent pas bien faire) pour fournir une interface naturelle avec un ordinateur. Au lieu d'agir indépendamment l'un de l'autre, humains et machines agiraient en harmonie.

Engelbart donna son croquis à Bill English, qui sculpta un morceau d'acajou pour faire le premier prototype. Quand ils le testèrent sur leur groupe témoin d'utilisateurs potentiels, il fut plus performant que n'importe quel autre dispositif. Au début, le cordon était à l'avant, mais ils ne se rendirent rapidement compte que le système fonctionnait mieux si le cordon sortait de la partie postérieure, comme une queue. Ils appelèrent ce dispositif une « souris ».

La plupart des authentiques génies (Kepler, Newton, Einstein et même Steve Jobs, pour ne citer qu'eux) ont l'instinct de la simplicité. Mais pas Engelbart. Souhaitant introduire un maximum de fonctions dans tous les systèmes qu'il construisait, il voulait que la souris ait de nombreux boutons, jusqu'à dix, peut-être. Il fut déçu quand le test détermina que le nombre optimal de boutons que devrait avoir la souris était de trois. En fait, même dans cette configuration il y avait au moins un bouton de trop, ou peut-être, comme le soutiendrait plus tard le maniaque de la simplicité Steve Jobs, deux boutons de trop.

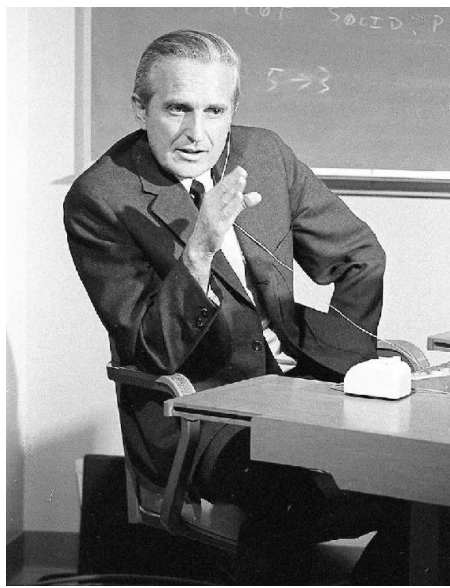
Au cours des six années suivantes, qui culminèrent en 1968, Engelbart conçut un système d'augmentation complet qu'il appela *oNLine System* ou NLS. En plus de la souris, il comportait beaucoup d'autres avancées qui conduiraient à la révolution de l'ordinateur individuel : des graphiques à l'écran, le multifenêtrage, l'édition numérique, des journaux de bord préfigurant les blogs, des

collaborations de type *wiki*, le partage de documents, le courrier électronique, la messagerie instantanée, les liens hypertexte, la vidéoconférence à la Skype et le formatage des documents. L'un de ses protégés technoperformants, Alan Kay, qui ferait plus tard avancer ces idées au Xerox PARC, disait d'Engelbart : « Je ne sais pas ce que fera Silicon Valley quand elle aura épuisé les idées de Doug³⁸. »

La mère de toutes les démos

Engelbart était plus branché sur les danses folkloriques grecques que sur les Trips Festivals, mais il avait connu Stewart Brand quand ils avaient fait leurs expériences avec le LSD dans le même laboratoire. Les entreprises successives créées par Brand, y compris le *Whole Earth Catalog*, étaient basées à quelques blocs seulement de l'Augmentation Research Center d'Engelbart. Aussi était-ce naturel qu'ils s'associent pour une démonstration du oNLine System d'Engelbart en décembre 1968. Grâce aux talents instinctifs d'impresario de Brand, cette présentation, qu'on appellerait plus tard la « Mère de toutes les démos », devint un grand spectacle multimédias, une sorte d'*Electric Kool-Aid Acid Test* au silicium. L'événement s'avéra être la fusion ultime des cultures hippie et hacker, et n'a jamais été surpassé, même par les lancements de produits Apple, en tant que démonstration technologique la plus éblouissante et la plus influente de l'ère numérique³⁹.

L'année avait été agitée. En 1968, l'offensive du Têt retourna l'opinion américaine contre la guerre au Vietnam, Robert Kennedy et Martin Luther King furent assassinés, et le président Lyndon Johnson annonça qu'il ne se représenterait pas. Des manifestations pacifistes conduisirent à la fermeture d'universités prestigieuses et perturbèrent la Convention démocrate nationale à Chicago. Les Soviétiques écrasèrent le Printemps de Prague, Richard Nixon fut élu président et *Apollo 8* fut mis en orbite autour de la Lune. C'est aussi en cette année-là qu'Intel fut fondé et que Stewart Brand publia le premier *Whole Earth Catalog*.



Doug Engelbart (1925-2013).



La première souris d'Engelbart.



Stewart Brand (au centre) supervisant la Mère de toutes les démos en 1968.

La démonstration d'Engelbart dura quatre-vingt-dix minutes et eut lieu le 9 décembre lors d'un congrès de l'industrie informatique à San Francisco devant une foule de près d'un millier de personnes obligées de rester debout. Portant une chemise blanche à manches courtes et une mince cravate sombre, il était assis à une élégante station de travail de la ligne « Action Office » de chez Herman Miller. L'affichage de son terminal était projeté sur un écran de six mètres de diagonale derrière lui. « J'espère que vous ne serez pas désorientés par cet arrangement plutôt inhabituel », commença-t-il. Il portait un micro-casque comme aurait pu en avoir un pilote de chasse et parlait sur un ton monocorde, évoquant une voix synthétisée qui essaierait d'imiter le narrateur d'un vieux film d'actualités. Howard Rheingold, gourou et chroniqueur de la cyberculture, dirait plus tard qu'Engelbart ressemblait « au Chuck Yeager du cosmos informatique, qui met calmement à l'épreuve le nouveau matériel et en rend compte à son auditoire terrestre stupéfait calmement et sans élever la voix⁴⁰ ».

« Si dans votre bureau, psalmodiait Engelbart, vous, en tant que travailleur intellectuel, aviez à votre disposition un affichage informatique appuyé par un ordinateur fonctionnant pour vous toute la journée et réagissant instantanément à toutes vos actions, quelle valeur ajoutée pourriez-vous en tirer ? » Il promit que la combinaison de technologies dont il allait faire la démonstration serait « très intéressante », en ajoutant à mi-voix « je crois ».

Une caméra montée sur son terminal fournissait une image vidéo de son visage, tandis qu'une autre caméra placée au-dessus de lui montrait ses mains contrôlant la souris et le clavier. Bill English, le sculpteur de la souris, était assis au fond de l'auditorium comme s'il était un producteur d'actualités télévisées dans sa régie choisissant les images à mélanger, à juxtaposer et à projeter sur le grand écran.

Stewart Brand, lui, se trouvait à cinquante kilomètres au sud, dans le laboratoire d'Engelbart près de Stanford, occupé à générer des

images informatiques et à opérer des caméras. Deux lignes à micro-ondes de location et une liaison téléphonique transmettaient au laboratoire les gestes d'Engelbart – chaque clic de la souris et chaque pression d'une touche au clavier –, puis renvoyaient des images et des informations à l'auditorium. Le public incrédule regardait Engelbart collaborer avec des collègues éloignés pour créer un document ; diverses personnes éditaient le texte, ajoutaient des graphismes, changeaient la maquette, construisaient une carte et incrustaient des éléments audio et vidéo en temps réel. Ils arrivaient même à créer ensemble des liens hypertexte. Bref, Engelbart démontra en 1968 presque tout ce qu'un ordinateur relié au réseau peut faire aujourd'hui. Les dieux de la démonstration étaient avec lui, et, à sa grande stupéfaction, il n'y eut pas de pannes. La foule l'acclama debout. Quelques spectateurs se précipitèrent même vers la scène comme s'il était une star du rock, ce qu'il était à certains égards⁴¹.

Au bout du couloir, une séance concurrente était présentée par Lester Earnest, qui avait cofondé avec le transfuge du MIT John McCarthy le Laboratoire d'intelligence artificielle de Stanford (ou SAIL pour *Stanford Artificial Intelligence Laboratory*). Comme le relate John Markoff dans *Ce que disait le Loir*, ils proposaient un film sur un robot qui agissait comme s'il pouvait voir et entendre. Les deux démonstrations présentaient clairement le contraste entre l'objectif de l'intelligence artificielle et celui de l'intelligence augmentée. Cette dernière avait semblé quelque peu bizarre lorsque Engelbart avait commencé à travailler dessus, mais quand il en exposa tous les éléments dans sa « démo » de décembre 1968 – un ordinateur individuel avec lequel les humains pouvaient facilement interagir en temps réel –, il fit de l'ombre au robot. La manchette de l'article rendant compte du congrès dans le *San Francisco Chronicle* du lendemain était « L'Univers fantastique de l'ordinateur de demain ». Il y était question du oNLine System d'Engelbart, et non du robot⁴².

Comme s'il voulait sceller le mariage entre la contre-culture et la cyberculture, Brand invita Ken Kesey au laboratoire d'Engelbart pour qu'il essaie le oNLine System. Kesey, désormais célèbre après l'*Electric Kool-Aid Acid Test* de Tom Wolfe, eut droit à une présentation détaillée des possibilités du NLS : couper, coller, extraire des données, et créer de manière collaborative des livres et d'autres documents. Il fut impressionné : « C'est ce qui viendra après l'acide », conclut-il⁴³.

Alan Kay

Alan Kay se démena pour s'assurer qu'il ne raterait pas Engelbart et sa Mère de toutes les démos. Avec trente-neuf de fièvre et une angine

à streptocoques, il réussit tout de même à se traîner jusqu'à l'avion en Utah, où il était étudiant de licence : « J'étais malade, j'avais des frissons et je pouvais à peine marcher, mais j'étais déterminé à y aller⁴⁴. » Il avait déjà remarqué et adopté les idées d'Engelbart, mais le côté spectaculaire de la démonstration l'ébranla comme une sonnerie de trompettes : « Pour moi, il était comme Moïse ouvrant la mer Rouge. Il nous a montré une terre promise qu'il fallait trouver, et les mers et les fleuves qu'il nous faudrait franchir pour y arriver⁴⁵. »

Comme Moïse, Engelbart ne parviendrait pas en réalité à cette terre promise. À sa place, ce serait Alan Kay et une joyeuse bande de collègues au centre de recherche d'une société de photocopieurs qui seraient à l'avant-garde pour introduire les idées de Licklider et d'Engelbart dans le paradis de l'informatique individuelle.

Kay avait appris à aimer à la fois les sciences et les humanités dans son enfance au Massachusetts, où il était né en 1940. Son père était un physiologiste qui concevait des bras et des jambes artificiels. C'est pendant de longues promenades avec lui que le jeune Alan Kay développa son amour de la science. Mais il se passionna aussi pour la musique. Sa mère était peintre et musicienne, tout comme le grand-père maternel d'Alan, Clifton Johnson, un illustrateur et auteur de renom qui tenait les orgues à l'église locale. « Puisque mon père était un scientifique et ma mère une artiste, l'atmosphère de mes premières années était pleine de toutes sortes d'idées et de manières de les exprimer. Je ne faisais pas de distinction entre l'art et la science et je n'en fais toujours pas⁴⁶. »

À dix-sept ans, il partit dans un camp de vacances pour musiciens, où il joua de la guitare dans l'orchestre de jazz. En outre, comme son grand-père, il adorait les orgues, et il finit par aider un facteur d'orgues à en construire un dans le style baroque espagnol pour un séminaire luthérien. C'était un élève perspicace et cultivé, qui avait souvent des ennuis à l'école, en général pour insubordination, trait fréquent chez de nombreux innovateurs technologiques. Il faillit se faire exclure, mais il brilla aussi dans le jeu radiophonique national *Quiz Kids*.

Alan Kay s'inscrivit en maths et en biologie à Bethany College en Virginie-Occidentale, mais en fut exclu au printemps de sa première année universitaire après « des absences répétées et non excusées ». Un temps, il s'attarda à Denver, où l'un de ses amis était employé chez United Airlines pour s'occuper du système de réservation informatique de la compagnie. Il fut frappé par le fait que les ordinateurs semblaient augmenter plutôt que réduire la charge de travail répétitif imposée aux humains.

Confronté à la conscription obligatoire, il s'engagea dans l'armée de l'air, où ses excellents résultats dans l'un des tests d'aptitude l'orientèrent vers une formation de programmeur informatique. Il travailla sur l'IBM 1401, premier ordinateur commercialisé à grande échelle pour les PME : « C'était au temps où la programmation était une profession de peu de prestige et où la plupart des programmeurs étaient des femmes. Elles assuraient vraiment. Mon boss était une femme⁴⁷. » Après son service militaire, il s'inscrivit à l'université du Colorado, où il s'adonna à toutes ses passions : il étudia la biologie, les mathématiques, la musique et le théâtre tout en programmant des superordinateurs au Centre national de recherche atmosphérique.

Il partit terminer ses études à l'université de l'Utah, où il bénéficia de « la plus grande chance de ma vie » : le pionnier de l'informatique David Evans était en train d'y élaborer le meilleur programme graphique des États-Unis. Le jour où Kay arriva en automne 1966, Evans lui remit un document pris dans une pile sur son bureau et lui dit de le lire. C'était la thèse de doctorat présentée au MIT par Ivan Sutherland, qui enseignait alors à Harvard, mais allait bientôt rejoindre l'université de l'Utah. Rédigée sous la direction du théoricien de l'information Claude Shannon, elle était intitulée « Sketchpad : un système de communication graphique homme-machine⁴⁸ ».

Sketchpad (« carnet de croquis ») était un programme informatique qui inaugurait l'usage d'une interface graphique affichant des icônes et des images sur l'écran, comme les ordinateurs actuels. Ces graphismes, créés et manipulés avec un crayon optique, étaient pour les humains une manière nouvelle et séduisante d'interagir avec les ordinateurs. « Le système Sketchpad permet à un homme et à un ordinateur de converser rapidement au moyen de dessins en mode trait », écrivait Sutherland. La révélation que l'art et la technologie pouvaient se combiner pour créer une interface informatique agréable sollicita l'enthousiasme juvénile de Kay qui tenait à ce que l'avenir soit ludique. Les idées de Sutherland, disait-il, permettaient « d'entrevoir le paradis » et « imprimèrent » en lui une passion pour la création d'ordinateurs personnels conviviaux⁴⁹.

Il prit contact pour la première fois avec Engelbart au début de 1967, quelques mois après avoir été séduit par les idées de Sutherland et son Sketchpad. Engelbart faisait une tournée des universités, exposant dans ses conférences les idées qu'il finirait par mettre en valeur dans sa Mère de toutes les démos ; il se déplaçait avec un gros projecteur de cinéma Bell & Howell pour montrer un film décrivant son onLine System. « Le film comportait des arrêts sur image et des séquences au ralenti et en accéléré, avec des inversions du sens de défilement, raconte Kay. [Doug] disait, "Voilà le curseur ! Regardez

bien ce qu'il va faire ensuite⁵⁰ !" »

Un grand bouillonnement agitant le domaine du graphisme et des interfaces utilisateur naturelles, et Kay absorba des idées issues de nombreuses sources. Il assista à une conférence de Marvin Minsky, du MIT, sur l'intelligence artificielle, et la manière sinistre dont l'école étouffait la créativité des jeunes élèves en ne leur enseignant pas comment traiter la complexité d'une manière imaginative. « Il a produit une diatribe géniale contre les méthodes scolaires traditionnelles », raconte Kay⁵¹. Il rencontra ensuite le collègue de Minsky, Seymour Papert, qui avait créé un langage de programmation appelé LOGO, assez simple pour qu'un élève de primaire puisse s'en servir. Parmi ses nombreuses possibilités ludiques, il y avait une procédure permettant aux jeunes utilisateurs d'employer des instructions simples pour contrôler une tortue robot qui se déplaçait dans la salle de classe. Après avoir entendu Papert, Kay commença à dessiner des croquis de ce à quoi pourrait ressembler un ordinateur individuel convivial pour un enfant.

Lors d'un congrès à l'université de l'Illinois, Kay vit un affichage rudimentaire à écran plat en verre mince rempli de néon. En additionnant cela dans son esprit avec les démonstrations du NLS d'Engelbart et en estimant grossièrement les effets de la loi de Moore, il se rendit compte que des affichages graphiques avec des fenêtres, des icônes, des liens hypertexte et un curseur contrôlé par une souris pourraient être incorporés à des ordinateurs de taille réduite dans une dizaine d'années. « J'ai presque été effrayé par les implications, raconte-t-il avec sa propension à dramatiser ses récits. Ce devait être le genre de déstabilisation que les gens éprouvèrent après avoir lu Copernic quand ils regardèrent pour la première fois un Ciel différent depuis une Terre différente. »

Kay voyait l'avenir avec une grande précision, et il devint impatient de l'inventer : « Il y aurait des millions de machines individuelles et d'utilisateurs, échappant pour la plupart au contrôle institutionnel direct. » Ce qui exigerait la création de petits ordinateurs individuels à affichage graphique assez simples pour être utilisés par des enfants et assez bon marché pour que tout le monde puisse en posséder un. « Tout cela a convergé pour former l'image de ce que devrait vraiment être un ordinateur individuel. »

Dans sa thèse de doctorat, il en décrivit certains traits, au premier chef la simplicité (« On doit pouvoir apprendre à s'en servir chez soi. ») et la convivialité (« L'amabilité devrait être incorporée. »). Il concevait un ordinateur comme s'il était autant humaniste qu'ingénieur. Il s'inspira d'un imprimeur italien du début du

xvi^e siècle, Aldus Manutius, qui avait compris que les livres personnels auraient besoin de tenir dans les sacoches de selle, et produisit ainsi les premiers livres du format désormais universel. De même, Kay reconnaissait que l'ordinateur individuel idéal ne devrait pas être plus grand qu'un cahier d'écolier. « La marche à suivre était évidente. J'ai fait une maquette en carton pour voir à quoi il ressemblerait et quelle impression on aurait en le manipulant⁵². »

Kay s'était inspiré de ce qu'Engelbart essayait de faire dans son Augmentation Research Center. Mais au lieu de travailler chez Engelbart, il rejoignit le SAIL, le Laboratoire d'intelligence artificielle de Stanford dirigé par le professeur John McCarthy. Le mariage était mal assorti. Comme McCarthy se concentrait sur l'intelligence artificielle et non sur la manière d'augmenter l'intelligence humaine, il ne s'intéressait guère à des « ordinateurs individuels ». Au lieu de quoi il croyait à de gros systèmes informatiques qui seraient utilisés en temps partagé.

Dans un article qu'il publia en interne en 1970, juste après l'entrée de Kay au SAIL, McCarthy décrivit sa vision de systèmes à temps partagé utilisant des terminaux dotés eux-mêmes d'une puissance de traitement ou d'une mémoire limitées : « Ce terminal est connecté en temps partagé par le système téléphonique à un ordinateur qui a accès à des dossiers contenant tous les livres, revues, journaux, catalogues, horaires d'avion. Via ce terminal, l'utilisateur peut obtenir toutes les informations dont il a besoin, acheter et vendre ; il pourrait communiquer avec des personnes et des institutions, et traiter utilement des informations par d'autres méthodes⁵³. »

McCarthy prévoyait que cela pourrait conduire à la prolifération de nouvelles sources d'informations qui concurrenceraient les médias traditionnels, bien qu'il pense, à tort, que ceux-ci seraient financés par abonnement plutôt que par la publicité : « Puisque le coût du maintien d'un fichier de données dans l'ordinateur et de sa mise à la disposition du public sera modéré, même un lycéen pourrait concurrencer le *New Yorker* s'il savait assez bien écrire et si le bouche à oreille et les comptes rendus des chroniqueurs le signalaient à l'attention du grand public. » Il prédisait aussi le contenu produit de manière collaborative externalisée (*crowdsourcing*) : un utilisateur serait en mesure de « dire au système si le remède anti-calvitie de l'an dernier avait marché ou non et d'obtenir un résumé des opinions de ceux qui avaient pris la peine d'enregistrer leur avis sur le remède qu'il envisage d'essayer maintenant ». McCarthy avait une conception idéaliste de ce qui se révélerait être une blogosphère féroce : « La controverse publique peut

être menée d'une manière plus efficace qu'à présent. Si je lis quelque chose qui me paraît controversé, je peux demander au système si quelqu'un a déposé une réponse. Ceci, couplé à la possibilité qu'à son auteur de réviser sa déclaration initiale, amènera les gens à converger plus rapidement sur les opinions examinées. »

Les prédictions de John McCarthy étaient visionnaires, mais elles différaient sur un point important de la vision d'Alan Kay – et du monde connecté que nous avons aujourd'hui. Elles ne se fondaient pas sur des ordinateurs individuels dotés chacun d'une mémoire et d'une puissance de traitement autonomes. Au lieu de quoi McCarthy croyait que les gens auraient des terminaux passifs et peu onéreux connectés à de puissants ordinateurs éloignés. Même après que les clubs de bricoleurs eurent commencé à plébisciter les ordinateurs individuels, McCarthy faisait la promotion d'un projet de « Club du terminal domestique » qui louerait aux particuliers pour soixante-quinze dollars par mois des terminaux simples du type téléscripteur leur permettant d'utiliser en temps partagé un gros système informatique éloigné⁵⁴.

Alan Kay imaginait au contraire que de petits ordinateurs performants, chacun doté de sa propre mémoire et disposant d'une puissance de traitement autonome, deviendraient des outils personnels au service de la créativité individuelle. Il rêvait d'enfants se promenant dans les bois et utilisant leurs ordinateurs sous les arbres exactement comme ils utiliseraient des crayons de couleur et du papier. Alors, au bout de trois ans de labeur au SAIL parmi les évangélistes du temps partagé, Kay accepta en 1971 la proposition de rejoindre un centre de recherche du secteur privé à trois kilomètres de là, qui attirait les jeunes innovateurs voulant faire des ordinateurs qui soient individuels, conviviaux et adaptés aux besoins de chacun. McCarthy rejetterait plus tard ces objectifs comme des « hérésies Xerox⁵⁵ », mais ce sont eux qui finiraient par indiquer la direction menant à l'ère des ordinateurs individuels.

Le Xerox PARC

En 1970, la Xerox Corporation marcha sur les traces de Bell en lançant un laboratoire dédié à la recherche pure. Afin qu'il ne soit pas contaminé par l'esprit bureaucratique de la société-mère ou par les exigences quotidiennes du commerce, il fut installé dans le parc industriel de Stanford, à presque cinq mille kilomètres du siège de la société à Rochester, dans l'État de New York⁵⁶.

Parmi les gens recrutés pour diriger le Palo Alto Research Center de Xerox, abrégé en Xerox PARC, se trouvait Bob Taylor, qui avait

récemment quitté l'IPTO, le Bureau des techniques de traitement de l'information de l'ARPA, après avoir contribué à édifier ARPANET. Grâce à ses visites aux centres de recherche subventionnés par l'ARPA et aux colloques qu'il organisait pour les étudiants de troisième cycle les plus brillants, il avait développé une sorte de radar pour le talent. « Pendant cette période, Taylor avait travaillé avec beaucoup des meilleurs groupes de recherche en informatique et en avait subventionné beaucoup, raconte Chuck Thacker, l'une des recrues de Taylor. C'est pourquoi il était très bien placé pour attirer un personnel de la plus haute qualité⁵⁷. »

Taylor possédait une autre facette de son aptitude à diriger, qu'il avait affinée dans ses rencontres avec les chercheurs de l'ARPA et les étudiants en troisième cycle : il était capable de provoquer une « abrasion créative » dans laquelle un groupe de gens peuvent se contester les uns les autres voire tenter d'éviscérer mutuellement leurs idées, mais sont alors tenus de pouvoir exprimer le point de vue de l'autre camp. Ce que faisait Taylor dans ce qu'il appelait les réunions du « Croupier » (allusion aux joueurs qui essaient de battre le croupier au black-jack), dans lesquelles une personne devait présenter une idée tandis que les autres se lançaient dans une critique (habituellement) constructive. Taylor n'était pas lui-même un de ces magiciens de la technologie, mais il savait comment amener un groupe d'entre eux à aiguiser leurs sabres dans des duels amicaux⁵⁸. Son talent de maître de cérémonie lui permettait de secouer, de cajoler, de caresser dans le sens du poil les génies capricieux et même de leur remonter le moral afin de les amener à collaborer. Il savait bien mieux soigner les egos des gens qui travaillaient sous lui que faire plaisir à ses patrons, mais c'était là son charme – surtout pour qui n'était pas un de ses patrons.

L'une des premières recrues de Taylor était Alan Kay, qu'il connaissait pour l'avoir vu aux colloques de l'ARPA. « J'ai rencontré Alan quand il était doctorant à l'université de l'Utah, et il m'a beaucoup plu », raconte Taylor⁵⁹. Toutefois, il n'engagea pas Kay pour son propre laboratoire au PARC, mais le recommanda pour un autre groupe de l'établissement. C'était sa manière d'ensemencer le PARC avec des gens qui l'avaient impressionné.

Quand il se présenta au PARC pour l'entretien d'embauche, on demanda à Kay ce que devrait être, d'après lui, sa grande réussite. « Un ordinateur individuel », répondit-il. Quand on lui demanda ce que c'était, il prit un portfolio de la taille d'un cahier d'écolier, en rabattit la couverture et dit : « Ça, ce sera un écran plat. Il y aura un clavier ici en bas, et assez de puissance de traitement pour stocker votre courrier, vos fichiers, votre discothèque, vos œuvres d'art et vos livres. Le tout dans un bloc à peu près de cette taille et pesant environ

un kilo. Voilà de quoi je parle. » L'interrogateur se gratta la tête et marmonna : « Ouais, d'accord. » Mais Kay fut engagé.

Avec ses yeux scintillants et sa moustache vivace, Kay finit par passer pour un perturbateur, ce qu'il était. Il prit un malin plaisir à pousser les cadres d'une société fabriquant des photocopieurs à créer un ordinateur convivial et de taille réduite pour les enfants. Le directeur de la planification de Xerox, Don Pendery, un austère natif de la Nouvelle-Angleterre, incarnait ce que le professeur de Harvard Clay Christensen avait baptisé le dilemme de l'innovateur : il voyait l'avenir rempli de créatures ténébreuses qui menaçaient de grignoter le fonds de commerce de Xerox, la photocopie. Il demandait sans cesse à Alan Kay et à d'autres une évaluation des « tendances » qui prédiraient ce que l'avenir réservait à sa société. Pendant une séance quelque peu délirante, Kay, dont les pensées semblaient souvent taillées sur mesure pour aller directement de sa bouche à un dictionnaire des citations, riposta par une phrase qui allait devenir le credo du PARC : « Le meilleur moyen de prédire l'avenir est de l'inventer⁶⁰. »

Pour son article commandé par *Rolling Stone* en 1972 sur la culture technique émergente à Silicon Valley, Stewart Brand visita le Xerox PARC, ce qui causa une certaine agitation au siège de la société sur la côte Est lorsque l'article parut. Avec une délectation littéraire, il y décrivait comment la recherche au PARC « s'était éloignée de l'énormité et du centralisme pour aller vers la réduction de la taille et la personnalisation, vers l'octroi d'un maximum de puissance de traitement à tous les individus qui en ont besoin ». Au nombre des gens qu'il avait interrogés se trouvait Alan Kay, qui déclarait : « Les gens ici sont habitués à manipuler la foudre à deux mains. » À cause de personnages comme Kay, le PARC avait acquis une sensibilité ludique à l'instar du Tech Model Railroad Club du MIT. « C'est un lieu où l'on peut encore être un artisan », dit-il à Brand⁶¹.

Se rendant compte qu'il lui fallait un nom facile à retenir pour le petit ordinateur individuel qu'il voulait construire, Kay l'appela le Dynabook. Il trouva aussi un nom original pour le logiciel de son système d'exploitation : Smalltalk (« bavardage »). Ce nom était conçu pour rassurer l'utilisateur moyen et ne pas susciter des attentes chez les ingénieurs purs et durs : « J'ai pensé que Smalltalk était une marque tellement innocente que si jamais le logiciel faisait quoi que soit de bien les gens seraient agréablement surpris. »

Il tenait à ce que ses Dynabook coûtent moins de cinq cents dollars « pour que nous puissions les fournir gratuitement aux écoles ». Il

fallait aussi que l'ordinateur soit petit et personnel, de façon à ce qu'« un gosse puisse l'emporter avec lui partout où il va se cacher », avec un langage de programmation qui soit convivial : « Les choses simples devraient être simples, les choses complexes devraient être possibles⁶². »

Kay rédigea une description du Dynabook, intitulée « Un ordinateur individuel pour les enfants de tous âges », qui était une proposition de produit mais surtout un manifeste. Kay commençait par citer l'intuition fondatrice d'Ada Lovelace illustrant la manière dont l'ordinateur pourrait être utilisé pour des tâches créatives : « La machine analytique tisse des motifs algébriques tout comme le métier Jacquard tisse des fleurs et des feuilles. » En décrivant comment les enfants (de tous âges) utiliseraient un Dynabook, Kay montrait qu'il était dans le camp de ceux qui considéraient les ordinateurs principalement comme des outils de la créativité individuelle au lieu de terminaux en réseaux pour la collaboration : « Bien que [le Dynabook] puisse être utilisé pour communiquer avec autrui via les futurs “utilitaires de la connaissance” tels qu'une “bibliothèque” scolaire, nous estimons qu'une part importante de son utilisation impliquera la communication réflexive de son possesseur avec lui-même via ce média personnel, tout comme on utilise actuellement papier et carnets. »

Le Dynabook, poursuivait Kay, ne devrait pas être plus grand qu'un cahier d'écolier ni peser plus de deux kilos. « Son propriétaire pourra gérer et éditer ses fichiers de textes et de programmes quand il le voudra et où il le voudra. Devons-nous ajouter qu'il faut qu'on puisse l'utiliser dans les bois ? » Autrement dit, ce n'était pas un simple terminal passif conçu pour être connecté en réseau et en temps partagé à un gros ordinateur central. Kay envisageait toutefois la jonction entre les ordinateurs individuels et les réseaux numériques : « La combinaison de ce dispositif “universellement portable” et d'un service d'information global tel que le réseau de l'ARPA ou la télévision par câble interactive fera entrer dans nos foyers les bibliothèques et les écoles (sans parler des magasins et des panneaux d'affichage)⁶³. » C'était une vision séduisante de l'avenir, mais elle mettrait deux décennies à se réaliser.

Afin de promouvoir sa croisade pour le Dynabook, Kay rassembla autour de lui une petite équipe et conçut une mission qui était romantique, fédérative et vague : « Je n'ai recruté que des gens dont les yeux brillaient quand ils entendaient parler d'un ordinateur hypothétique format cahier d'écolier. On passait pas mal de temps pendant la journée à l'extérieur du PARC, à jouer au tennis, faire du vélo, boire de la bière, manger chinois et à parler constamment du

Dynabook, qui avait le potentiel d'amplifier les capacités humaines et d'apporter de nouveaux modes de pensée à une civilisation chancelante qui en avait désespérément besoin⁶⁴. »

Dans un premier pas vers la réalisation du Dynabook, Kay proposa une machine « transitoire ». Elle serait à peu près du volume d'un bagage à main et aurait un petit écran à affichage graphique. En mai 1972, il tenta de persuader ses supérieurs de la division matériel du Xerox PARC d'en fabriquer une trentaine afin de les tester dans des salles de classe et voir si les élèves pouvaient accomplir dessus des tâches de programmation élémentaires. « L'utilité d'un gadget personnel comme lecteur-éditeur de texte à emporter chez soi et comme terminal intelligent est assez évidente, dit-il aux ingénieurs et aux gestionnaires assis dans des fauteuils poires. Maintenant, il faut fabriquer une trentaine de ces engins pour pouvoir démarrer. »

C'était un plaidoyer romantique exprimé avec assurance, comme c'était habituellement le cas chez Kay, mais il ne put éblouir Jerry Elkind, le directeur du laboratoire d'informatique du PARC. « C'était comme si Jerry Elkind et Alan Kay venaient de deux planètes différentes, l'un est un austère ingénieur aux idées tirées au cordeau, l'autre un effronté flibustier philosophique », d'après Michael Hiltzik, qui retraça l'histoire du Xerox PARC. Les yeux d'Elkind ne brillèrent pas quand il imagina des enfants en train de programmer des tortues jouets avec des ordinateurs Xerox. « Laissez-moi jouer l'avocat du diable », répondit-il. L'attention monta d'un cran chez les autres ingénieurs, qui devinèrent qu'une impitoyable éviscération était dans l'air. Le mandat du PARC était de créer le bureau du futur, observa Elkind, alors pourquoi devrait-il s'intéresser au marché des jeux pour enfants ? L'environnement de l'entreprise se prêtait au temps partagé d'ordinateurs gérés par l'entreprise, alors pourquoi le PARC ne continuerait-il pas à explorer ces possibilités ? Après une salve de questions de ce genre, Kay eut envie de se retirer en rampant. Quand tout fut terminé, il pleura. Sa proposition de fabriquer un lot de Dynabook transitoires venait d'être rejetée⁶⁵.

Bill English, qui avait travaillé avec Engelbart et construit la première souris, était alors au PARC. Après la réunion, il prit Kay à part, le consola et lui donna quelques conseils. Il fallait qu'il cesse de jouer les rêveurs solitaires et qu'il prépare à la place une proposition bien documentée avec un budget à la clé. « C'est quoi, un budget ? » demanda Kay⁶⁶.

Kay rabaisa les exigences de son rêve et proposa une version transitoire du projet transitoire. Il utiliserait les deux cent trente mille dollars qu'il avait dans son budget pour émuler le Dynabook sur un

Nova, un mini-ordinateur de la taille d'un coffre militaire à effets personnels et fabriqué par Data General. Mais cette perspective ne l'enthousiasmait pas vraiment.

C'est alors que deux stars du groupe de Bob Taylor au PARC, Butler Lampson et Chuck Thacker, débarquèrent dans le bureau de Kay avec un plan différent.

« Tu as de l'argent ? demandèrent-ils.

— Oui, environ deux cent trente briques pour les Nova, répondit Kay.

— Qu'est-ce que tu dirais si on te proposait de te fabriquer ta petite merveille ? dirent-ils en faisant allusion au Dynabook transitoire qu'Elkind avait descendu en flammes.

— Je trouverais ça bien », concéda Kay⁶⁷.

Thacker voulait construire sa propre version d'un ordinateur individuel, et il s'était aperçu que Lampson et Kay avaient le même objectif général en tête. Le plan consistait donc à mettre leurs ressources en commun et démarrer sans attendre la permission de la hiérarchie.

« Et qu'est-ce que vous allez faire avec Jerry ? demanda Kay à propos d'Elkind, sa bête noire.

— Jerry est en déplacement pendant quelques mois pour diriger une mission de travail chez Xerox, dit Lampson. Peut-être qu'on pourra faire passer ça en douce avant qu'il revienne⁶⁸. »

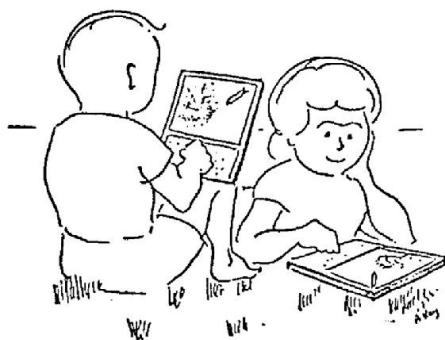
Bob Taylor avait contribué à l'éclosion du projet parce qu'il voulait éloigner son équipe de la construction d'ordinateurs à temps partagé et concevoir à la place « une collection interconnectée de petites machines à affichage interactif⁶⁹ ». Il était enchanté de pouvoir faire collaborer au projet trois de ses ingénieurs favoris – Lampson, Thacker et Kay. L'équipe avait une dynamique de type « *push-pull* » : Lampson et Hacker savaient ce qu'il était possible de faire, tandis que Kay visait l'ordinateur de rêve absolu et les mettait au défi de réaliser l'impossible.

La machine qu'ils conçurent fut dénommée le Xerox Alto (bien que Kay s'obstine à l'appeler « le Dynabook transitoire »). Elle avait un affichage matriciel de type *bitmap*, ce qui signifiait que chaque pixel de l'écran pouvait être allumé ou éteint pour contribuer à rendre un graphisme, une lettre, un coup de pinceau, etc. « Nous avons choisi de lui donner un affichage *bitmap* intégral, dans lequel chaque pixel de l'écran était représenté par un bit de la mémoire principale », explique Thacker. Ce qui exigeait beaucoup de mémoire, mais le principe

directeur était que la loi de Moore continuerait de régner et que le coût de la mémoire baisserait de manière exponentielle. L'interaction entre l'utilisateur et l'affichage était contrôlée par un clavier et une souris, comme Engelbart l'avait conçue. Quand l'Alto fut terminé en mars 1973, la première image occupant l'écran était une version numérisée, dessinée par Alan Kay, du vorace Macaron, le glouton de *Sesame Street*.



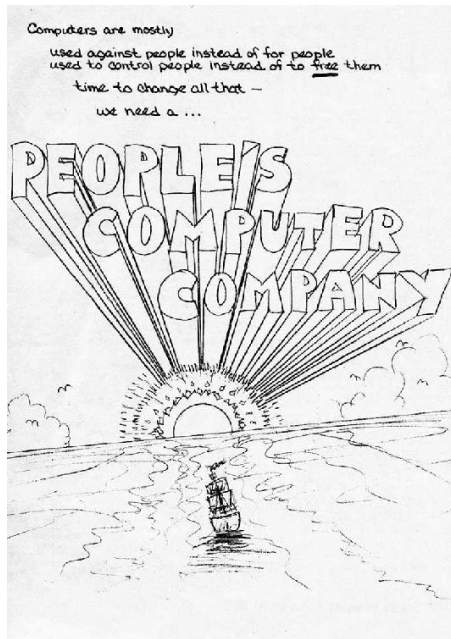
Alan Kay (né en 1940) au Xerox PARC en 1974.



Le Dynabook dessiné par Kay en 1972.



Lee Felsenstein (né en 1945).



Premier numéro de People's Computer Company, octobre 1972.

En gardant à l'esprit les enfants (de tous âges), Alan Kay et ses collègues améliorèrent les concepts d'Engelbart en montrant qu'ils pouvaient s'appliquer d'une manière simple, conviviale et intuitive. Engelbart, lui, n'adhéra pas à cette vision. Au lieu de quoi il s'évertua à intégrer un maximum de fonctions dans son oNLine System et n'eut donc jamais le désir de faire un ordinateur qui soit petit et individuel. « Ça, c'est une tout autre direction que celle que j'ai prise, dit-il à des collègues. Si on se limite à ces petits volumes, il faudrait faire l'impasse sur des tas de choses⁷⁰. » C'est pourquoi Engelbart, tout théoricien visionnaire qu'il était, ne réussit pas vraiment en tant

qu'innovateur : il ne cessait d'ajouter des fonctions, des instructions, des boutons et des complexités à son système. Kay rendait tout plus facile, et montrait ainsi pourquoi l'idéal de simplicité – faire des produits que les gens trouvent conviviaux et faciles à utiliser – était essentiel pour les innovations qui font de l'ordinateur un outil personnel.

Xerox envoya des systèmes Alto dans des centres de recherche un peu partout aux États-Unis, diffusant ainsi les innovations dont avaient rêvé les ingénieurs du PARC. Il y eut même un précurseur des protocoles Internet, le PARC Universal Packet, qui permettait l'interconnexion de différents réseaux à transfert par paquets. « L'essentiel de la technologie qui rend Internet possible a été inventé au Xerox PARC dans les années 1970 », prétendrait plus tard Bob Taylor⁷¹.

En réalité, bien que le Xerox PARC ait indiqué le chemin du pays de l'ordinateur individuel – un ordinateur que chacun pourrait s'approprier –, la Xerox Corporation ne prit pas la tête de la migration. Elle fabriqua deux mille Alto, principalement destinés à des bureaux chez Xerox ou dans ses filiales, mais ne le commercialisa jamais comme produit grand public^{*2}. « La société n'était pas équipée pour traiter une innovation, raconte Kay. Cela aurait signifié un conditionnement complètement nouveau, de nouveaux manuels, une gestion des mises à jour, la formation du personnel, la localisation pour différents pays⁷². »

Bob Taylor se rappelle s'être heurté à un mur chaque fois qu'il avait essayé de traiter avec les types en costard-cravate de la côte Est. Ainsi que le lui expliqua le chef d'un établissement de recherche à Webster, dans l'État de New York, « l'ordinateur ne sera jamais aussi important pour la société en général que le photocopieur⁷³. »

Lors d'un somptueux congrès des cadres Xerox à Boca Raton, en Floride (où l'orateur rémunéré du discours d'ouverture était Henry Kissinger), le système Alto fut présenté. Le matin, il y eut une démonstration sur le podium qui rappelait la Mère de toutes les démos de Douglas Engelbart, et, l'après-midi, trente Alto furent mis à disposition en libre-service dans un hall d'exposition. Les cadres Xerox, tous des hommes, ne manifestèrent guère d'intérêt, mais leurs épouses se mirent immédiatement à tester la souris et à pianoter au clavier. Bob Taylor, qui n'avait pas été invité au congrès, était venu quand même : « Les hommes estimaient que savoir taper à la machine était indigne d'eux. C'était un truc de secrétaires. Alors ils n'ont pas pris l'Alto au sérieux, parce qu'ils croyaient que seules les femmes s'y

intéresseraient. C'est là que j'ai eu la révélation que Xerox passerait à côté de l'ordinateur individuel⁷⁴. »

Au lieu de quoi des innovateurs plus entreprenants et plus agiles seraient les premiers à s'aventurer sur le marché de l'ordinateur individuel. Certains finiraient par exploiter sous licence voire dérober des idées du Xerox PARC. Mais au début, les tout premiers ordinateurs individuels furent des concoctions maison qui ne pouvaient plaire qu'aux seuls bricoleurs.

Les organisateurs communautaires

Parmi les tribus gravitant autour de San Francisco dans les années qui menèrent à la naissance de l'ordinateur individuel, il y avait une cohorte d'organisateurs communautaires qui apprirent à aimer les ordinateurs en tant qu'outils pour donner le pouvoir au peuple. Ils adoptaient les technologies à petite échelle, le *Mode d'emploi du vaisseau spatial Terre* de Buckminster Fuller, et nombre des valeurs du type « outils pour vivre » associées au mouvement de la Whole Earth, sans être sous le charme de psychotropes ou d'expositions répétées aux Grateful Dead.

Fred Moore, par exemple. Fils d'un colonel de l'armée de terre stationné au Pentagone, il était allé en 1959 sur la côte Ouest pour étudier l'ingénierie à Berkeley. Alors même que le renforcement de la présence militaire américaine au Vietnam n'avait pas encore commencé, Moore décida de militer contre la guerre. Il campa sur les marches de Stroul Plaza, qui deviendrait bientôt l'épicentre des manifestations étudiantes, avec une pancarte dénonçant la préparation militaire au ROTC. Sa contestation ne dura que deux jours (son père vint le chercher pour le ramener à la maison), mais il s'inscrivit une nouvelle fois à Berkeley en 1962 et reprit ses activités protestataires. Il fit deux ans de prison comme réfractaire à la conscription puis, en 1968, il partit pour Palo Alto dans un bus Volkswagen avec son bébé, une petite fille dont la mère avait pris le large⁷⁵.

Moore projetait de devenir un des organisateurs de la contestation contre la guerre au Vietnam, mais il découvrit les ordinateurs du Stanford Medical Center et devint accro à l'informatique. Puisque personne ne lui demandait de partir, il passait ses journées à bricoler sur les ordinateurs tandis que sa fille se promenait dans les salles de l'hôpital ou jouait dans le bus Volkswagen. Il acquit ainsi une foi dans la capacité de l'informatique à aider les gens à prendre le contrôle de leur vie et former des communautés. S'ils pouvaient se servir des

ordinateurs comme d'outils pour l'émancipation et l'apprentissage individuels, les gens ordinaires, croyait-il, pourraient échapper à la domination du pouvoir militaro-industriel établi. D'après Lee Felsenstein, qui fit partie des organisateurs communautaires et du milieu informatique de Palo Alto, « Fred était un pacifiste gauchiste à la barbe maigre et au regard intense. À tout moment, il était capable de détalier pour aller barbouiller de sang un sous-marin. On ne pouvait pas vraiment le mettre sur la touche⁷⁶. »

Vu ses tendances technopacifistes, rien d'étonnant à ce que Moore gravite dans l'orbite de Stewart Brand et de sa bande de la Whole Earth. Et, de fait, il se retrouva parmi les vedettes d'un des événements les plus insolites de cette époque : l'enterrement festif du *Whole Earth Catalog* en 1971. Cette publication avait miraculeusement terminé son parcours avec un avoir de vingt mille dollars en banque. Brand décida donc de louer le palais des Beaux-Arts, édifice de style grec pseudo-classique dans le quartier de la Marina à San Francisco, pour fêter l'occasion avec un millier d'âmes sœurs qui décideraient de la manière de distribuer cet argent. Il apporta un paquet de coupures de cent dollars, prisonnier du fantasme que la foule abrutie par le rock et la drogue aboutirait à un judicieux consensus sur l'usage qu'il conviendrait d'en faire. « Comment pouvons-nous demander aux autres habitants du monde de se mettre d'accord si nous n'y arrivons pas nous-mêmes ? » demanda Brand à la foule⁷⁷.

Les débats durèrent dix heures. Vêtu d'une robe de moine noire à capuchon, Brand laissa chaque orateur tenir la liasse de billets pendant qu'il s'adressait à la foule, et il écrivit les suggestions sur un tableau noir. Paul Krassner, ancien membre des Merry Pranksters de Ken Kesey, exposa calmement le triste sort des Indiens d'Amérique – « Nous avons arnaqué les Indiens quand nous sommes arrivés ici ! » –, et proposa que l'argent leur soit donné. La femme de Brand, Lois, qui se trouvait être d'origine indienne, se manifesta pour dire qu'elle et les autres Indiens n'en voulaient pas. Un certain Michael Kay affirma que les gens devraient carrément se le répartir entre eux et commença à distribuer des billets à la foule. Brand répliqua qu'il vaudrait mieux l'utiliser d'un seul bloc et demanda aux gens de lui rendre les billets, ce que firent quelques personnes, applaudies par le public. Il y eut des dizaines d'autres suggestions toutes plus délirantes et farfelues les unes que les autres. « Foutons-le dans les chiottes et tirons la chasse ! » « Achetons un stock de protoxyde d'azote pour mettre de l'ambiance ! » « Construisons un symbole phallique géant en plastique et plantons-le dans la terre ! » À un moment, l'un des membres du groupe de rock Golden Toad hurla : « Concentrez votre putain d'énergie ! Vous avez neuf millions de suggestions ! Alors prenez-en

une ! Ce truc pourrait continuer comme ça jusqu'à l'an prochain, bordel ! Je suis venu ici pour jouer de la musique. » Ce qui ne suscita aucune décision, mais déclencha en revanche un intermède musical présentant une danseuse du ventre qui finit par se rouler par terre.

À ce moment, Fred Moore, avec sa barbichette et sa crinière flottante, se leva et donna son occupation comme « être humain ». Il dénonça le respect témoigné à l'argent par la foule et, à l'appui de ses dires, sortit les deux billets d'un dollar qu'il avait en poche et les brûla. Il y eut une amorce de débat sur l'opportunité d'un vote, procédure que Moore dénonça également parce que c'était un moyen de diviser les gens au lieu de les unir. Il était alors trois heures du matin et la foule abrutie et déboussolée au départ l'était encore plus. Moore pressa les gens de donner leurs noms pour qu'ils restent ensemble sous forme de réseau. « Unir les gens présents ici ce soir est plus important que nous laisser diviser par une somme d'argent », déclara-t-il⁷⁸. Finalement, il ne resta plus avec lui qu'une vingtaine de purs et durs, et il fut décidé de lui confier l'argent jusqu'à ce qu'une meilleure idée soit trouvée⁷⁹.

Puisqu'il n'avait pas de compte bancaire, Moore enterra dans son arrière-cour les quatorze mille neuf cent cinq dollars qui restaient sur les vingt mille. Finalement, après moult péripéties et des visites indésirables de quémandeurs, il distribua l'argent sous forme de prêts ou de subventions à une poignée d'organisations apparentées impliquées localement dans des programmes pédagogiques et d'accès à l'informatique. Ces bénéficiaires faisaient partie de l'écosystème techno-hippie qui émergea à Palo Alto et à Menlo Park autour de Brand et de ses disciples de la Whole Earth.

Ce qui incluait l'éditeur du catalogue, Portola Institute, association à but non lucratif qui faisait campagne pour « l'enseignement de l'informatique à l'école dans toutes les classes ». Son programme pédagogique peu contraignant était géré par Bob Albrecht, un ingénieur qui avait décroché de la culture d'entreprise américaine pour apprendre la programmation informatique aux enfants et les danses folkloriques grecques à Doug Engelbart et d'autres adultes. « Quand j'habitais tout en haut de la rue la plus sinueuse de San Francisco, Lombard Street, j'ai souvent organisé des séances de programmation, des soirées de dégustation de vins et de danses grecques », raconte-t-il⁸⁰. Ses amis et lui ouvrirent un centre informatique en libre-service, qui comportait un DEC PDP-8, et il organisa pour certains de ses meilleurs jeunes élèves des sorties éducatives, dont la plus mémorable fut une visite de l'Augmentation

Research Center de Doug Engelbart. L'une des premières éditions du *Whole Earth Catalog* affichait en quatrième de couverture une photo de Bob Albrecht, arborant une barbe de porc-épic, en train d'apprendre à des enfants à se servir d'une calculatrice.

Albrecht, qui écrivait des guides pratiques, dont le populaire *Mon ordinateur m'aime (quand je lui parle BASIC)*, lança une publication intitulée *People's Computer Company*, qui n'était pas vraiment une entreprise, mais s'appelait ainsi en hommage au groupe de Janis Joplin, Big Brother and the Holding Company. Le squelettique bulletin adopta comme devise « Le pouvoir informatique au peuple ». Le premier numéro, daté d'octobre 1972, avait en couverture le dessin d'un bateau voguant vers le soleil couchant et la déclaration manuscrite suivante : « Les ordinateurs sont principalement utilisés contre les gens et non pour les gens ; utilisés pour contrôler les gens au lieu de les libérer ; l'heure est venue de changer tout ça – nous avons besoin d'une COMPAGNIE D'INFORMATIQUE POPULAIRE⁸¹. » La plupart des numéros comportaient beaucoup de dessins au trait de dragons – « J'adorais les dragons depuis l'âge de treize ans », confirme Albrecht –, et des articles sur l'apprentissage de l'informatique, la programmation en BASIC et divers salons d'initiation à l'informatique et festivals de technologie domestique⁸². Le bulletin contribua à rassembler les électroniciens amateurs, les bricoleurs et les organisateurs de pédagogies communautaires.

Une autre incarnation de cette culture était Lee Felsenstein, un contestataire à la tête froide, militant contre la guerre du Vietnam, titulaire d'une licence en ingénierie électrique de Berkeley, qui devint un des personnages du livre de Steven Levy, *Hackers*. Felsenstein était loin d'être un Merry Prankster. Même à l'époque enivrante des émeutes d'étudiants à Berkeley, il dédaigna sexe et drogues. Il combinait le talent instinctif d'un activiste politique pour l'organisation communautaire avec la disposition d'un geek de l'électronique pour la création d'outils et de réseaux de communication. Fidèle lecteur du *Whole Earth Catalog*, il tenait en haute estime le culte de la débrouillardise et de l'autarcie dans la culture communautaire américaine et était convaincu que l'accès du grand public aux outils de communication pourrait arracher le pouvoir des mains du gouvernement et des grosses sociétés⁸³.

La tendance communautaire de Felsenstein et son amour de l'électronique lui furent inculqués dans son enfance à Philadelphie, où il naquit en 1945. Son père était un conducteur de locomotive devenu dessinateur publicitaire en chômage chronique, sa mère était

photographe. Tous les deux étaient secrètement membres du parti communiste. « Ils soutenaient que ce dont les médias nous gavaient était habituellement bidon, ce qui était l'un des mots favoris de mon père », raconte Felsenstein. Même après avoir quitté le Parti, ses parents demeurèrent des activistes de gauche. Encore enfant, Felsenstein participa au harcèlement de responsables militaires en tournée et aida à organiser des manifestations devant un supermarché Woolworth's pour soutenir les sit-in contre la ségrégation dans les États du Sud : « J'avais toujours un bout de papier pour dessiner quand j'étais gosse, parce que nos parents nous encourageaient à être créatifs et imaginatifs. Et au verso il y avait en général un tract ronéoté pour une réunion ou une autre d'une association de quartier⁸⁴. »

Sa passion pour la technologie lui fut en partie inculquée par sa mère, qui lui racontait souvent comment feu son père – le grand-père maternel de Lee – avait créé les moteurs Diesel terrestres utilisés dans les camions et les locomotives. « J'ai compris qu'elle voulait que je devienne plus tard un inventeur », dit-il. Un jour, réprimandé par un enseignant pour avoir rêvassé, il répondit : « Je ne suis pas en train de rêvasser, je suis en train d'inventer⁸⁵. »

Dans une maisonnée où il était en concurrence avec un frère aîné et une sœur adoptée, Felsenstein se réfugia au sous-sol et dans l'électronique. Il en tira la conviction que la technologie des communications devrait permettre l'émancipation de l'individu : « La technologie de l'électronique promettait une chose à laquelle je tenais apparemment beaucoup – la communication à l'extérieur de la structure hiérarchique familiale⁸⁶. »

Il prit un cours de radio par correspondance accompagné de livrets et d'instruments de test et d'étalonnage, et s'acheta des manuels de radio et des transistors à quatre-vingt-dix-neuf cents afin d'apprendre comment transformer les schémas en circuits fonctionnels. Il était donc l'un de ces nombreux bidouilleurs et artistes du fer à souder qui avaient grandi en construisant des radios en kit et d'autres matériels électroniques ; aussi déplorerait-il plus tard que les générations suivantes grandissent au milieu d'appareils inviolables interdisant toute exploration^{*3} : « J'ai appris l'électronique quand j'étais gosse en bricolant de vieux postes de radio faciles à trafiquer parce que conçus pour être réparés⁸⁷. »

Les instincts politiques de Felsenstein et ses préférences technologiques se réunirent dans l'amour de la science-fiction, notamment les écrits de Robert Heinlein. Comme des générations de passionnés des jeux vidéo et de virtuoses du clavier qui contribuèrent

à créer la culture de l'ordinateur individuel, il était inspiré par le thème le plus commun de cette littérature, celui du hacker héroïque qui recourt à la magie technologique pour abattre une malfaisante autorité.

Il s'inscrivit à Berkeley en 1963 pour étudier l'ingénierie électrique juste au moment où démarrait la contestation contre la guerre du Vietnam. Un de ses premiers gestes consista à se joindre, en compagnie du poète Allen Ginsberg, à une manifestation contre la visite d'un haut dignitaire sud-vietnamien. Elle se prolongea, et il fut obligé de prendre un taxi pour ne pas rater les TP de chimie.

Afin de financer sa scolarité, il s'inscrivit à un programme travail-études qui lui fournit un emploi chez la NASA à la base aérienne d'Edwards, mais il fut forcé de démissionner lorsque les autorités découvrirent que ses parents avaient été membres du parti communiste. Il appela son père pour lui demander si c'était vrai. « Je ne veux pas parler de ça au téléphone », répondit son père⁸⁸.

« Tiens-toi à carreau, fiston, et t'auras pas de mal à retrouver ton boulot », dit à Felsenstein un officier de l'armée de l'air. Seulement, il n'était pas dans sa nature de se tenir à carreau. L'incident avait enflammé ses tendances anti-autoritaires. Il retourna sur le campus en octobre 1964, juste au moment où éclatèrent les manifestations du Mouvement pour la libre expression et, comme un héros de science-fiction, il décida de se servir de ses aptitudes technologiques pour entrer dans la mêlée : « Nous cherchions des armes non violentes et j'ai soudain compris que la plus puissante arme non violente était le flux de l'information⁸⁹. »

À un moment, le bruit courut que la police avait encerclé le campus, et quelqu'un cria à Felsenstein : « Vite ! Fabrique-nous une radio comme en ont les flics. » Ce n'était pas quelque chose qu'il pouvait faire sur-le-champ, mais il en tira une autre leçon : « J'ai décidé que je serais à l'avant-garde de tous ceux qui appliqueraient la technologie au profit de la société⁹⁰. »

Son intuition la plus importante était que créer de nouveaux types de réseaux de communications était le meilleur moyen d'arracher le pouvoir aux grosses institutions. C'était l'essence, comprit-il, d'un mouvement pour la *liberté d'expression*. « Le Mouvement pour la liberté d'expression, écrivait-il plus tard, devait abattre les barrières handicapant la communication entre individus et, par là, permettre la formation de connexions et de communautés qui ne soient pas régies par de puissantes institutions. Il posait les bases d'une authentique révolte contre les monopoles et les gouvernements qui dominaient notre existence⁹¹. »

Il commença à se demander quelles sortes de structures de l'information faciliteraient ce type de communications interpersonnelles. Il essaya d'abord la presse : il lança un bulletin pour sa coopérative étudiante, puis rejoignit le *Berkeley Barb*, l'hebdomadaire underground du campus. Il en garda le titre à moitié ironique de « chroniqueur militaire » après avoir écrit un article satirique sur un quai pour péniches de débarquement (*landing ship dock*) en jouant sur les initiales « LSD ». Il espérait que « la presse écrite pourrait être le nouveau média communautaire », mais il perdit ses illusions quand il la « vit se transformer en une structure centralisée qui vendait du spectacle⁹² ». À un moment, il élaborait un mégaphone doté d'un réseau filaire permettant aux gens dans la foule de répondre : « Il n'y avait pas de centre, donc pas d'autorité centrale. C'était une configuration de type Internet – un moyen de décentraliser le pouvoir de communication au service de tout le monde⁹³. »

Il se rendit compte que l'avenir serait façonné par la distinction entre les médias à diffusion unilatérale comme la télévision, qui « émettait des informations identiques à partir d'un point central avec un minimum de canaux pour des informations en retour », et les médias à diffusion interactive, « où chaque participant est à la fois récepteur et générateur d'informations ». Pour lui, des ordinateurs en réseau allaient devenir l'outil qui permettrait aux gens de prendre le contrôle de leur propre vie. « Ils recentreraient le pouvoir sur les gens », expliqua-t-il plus tard⁹⁴.

À cette époque d'avant Internet, d'avant les sites d'annonces en ligne et les réseaux sociaux, il y avait en Californie des organisations communautaires, les Switchboards (« centraux téléphoniques »), qui permettaient d'établir des connexions entre les gens et de les mettre en relation avec des services qu'ils pourraient rechercher. La plupart étaient technologiquement peu évolués – quelques personnes autour d'une table avec un téléphone et un tas de cartes de visite et de dépliants punaisés aux murs ; ils fonctionnaient comme des routeurs pour créer des réseaux sociaux. « Apparemment, toute sous-communauté en avait un ou plusieurs, raconte Felsenstein. J'en ai visité quelques-uns pour voir s'il y avait une technologie quelconque qui leur permettrait d'améliorer leurs efforts. » Et c'est là qu'un ami l'aborda dans la rue pour lui annoncer une nouvelle fascinante : l'un de ces groupes communautaires avait récupéré gratis un gros système informatique en jouant sur le complexe de culpabilité de certains riches de San Francisco affichant des idées libérales. Ce tuyau le conduisit à une association à but non lucratif appelée Resource One ; elle était en train de reconfigurer l'ordinateur afin qu'il puisse être

utilisé en temps partagé par d'autres Switchboards. « L'idée était plus ou moins que nous allions être l'ordinateur de la contre-culture⁹⁵. »

À peu près à ce moment-là, Felsenstein passa une annonce dans la section « Rencontres » du *Berkeley Barb* : « Homme de la Renaissance, ingénieur et révolutionnaire, cherche conversation⁹⁶. » C'est ainsi qu'il rencontra l'une des premières hackeuses et cyberpunkettes, Jude Milhon, qui écrivait sous le pseudo de St. Jude. Elle lui présenta à son tour son compagnon, Efrem Lipkin, programmeur système. L'ordinateur de Resource One n'avait pas réussi à trouver le moindre client en temps partagé, aussi, sur le conseil de Lipkin, se lancèrent-ils dans une nouvelle entreprise, appelée Community Memory, où l'ordinateur servirait de panneau d'affichage électronique public. En août 1973, ils installèrent un terminal connecté à l'ordinateur principal par une ligne téléphonique chez Leopold's Records, un magasin de musique géré par les étudiants à Berkeley⁹⁷.

Felsenstein s'était emparé d'une idée fondatrice : l'accès public à des réseaux informatiques permettrait aux gens de former des communautés d'intérêts par leurs propres moyens. Le manifeste en forme de tract qui annonçait le projet proclamait que « les canaux de communication non hiérarchiques – que ce soit avec l'ordinateur et le modem, l'encre et le stylo, le téléphone, ou face à face – sont en première ligne dans le repossession et la revitalisation de nos communautés⁹⁸. »

Une décision intelligente de la part de Felsenstein et de ses amis fut de ne pas avoir de mots clés prédéterminés tels que *offres d'emploi*, *automobiles* ou *gardes d'enfants*, programmés dans le système. Au lieu de quoi les utilisateurs pouvaient inventer les rubriques de leur choix pour leurs messages. Ce qui permit à la rue de trouver elle-même à quoi utiliser le système. Le terminal devint un tableau où afficher des poèmes, organiser des covoiturages, partager des idées de restaurants et rechercher des partenaires compatibles pour les échecs, le sexe, l'étude, la méditation et à peu près tout le reste. St. Jude avait montré la voie, et les gens créèrent leur propre personnalité en ligne, développant un flair littéraire qui n'était pas possible sur les tableaux d'affichage à base de liège et de punaises⁹⁹. Community Memory devint le précurseur de la télématique type BBS (*Bulletin Board System*) sur Internet et des services en ligne comme The WELL. « Nous avons ouvert la porte du cyberspace et avons trouvé un territoire hospitalier », observa Felsenstein¹⁰⁰.

Une autre intuition, tout aussi importante pour l'ère numérique, lui vint après un désaccord avec son ami d'un temps, Lipkin, qui voulait construire un terminal hermétiquement fermé de façon que les

membres de la communauté ne puissent pas l'ouvrir. Felsenstein préconisait la démarche inverse : « Efram disait que si les gens mettaient la main dessus, ils l'ouvriraient. J'adoptais ce qui est devenu la philosophie Wikipedia, à savoir que laisser les gens mettre la main à la pâte encouragerait chez eux une attitude protectrice et leur permettrait de réparer le matériel en cas de panne. » Felsenstein croyait que les ordinateurs devraient être des jouets. « Si vous encouragez les gens à trafiquer le matériel, vous allez pouvoir créer progressivement une symbiose entre l'ordinateur et la communauté¹⁰¹. »

Ces intuitions se cristallisèrent en une philosophie lorsque le père de Felsenstein, juste après l'installation du terminal chez Leopold's, lui envoya le livre *La convivialité* d'Ivan Illich, philosophe et prêtre catholique né en Autriche et élevé aux États-Unis, qui critiquait le rôle dominant des élites technocratiques. L'un des remèdes suggérés par Illich était de créer une technologie qui soit intuitive, facile à apprendre et « conviviale ». L'objectif, écrivait-il, devrait être de « donner aux gens des outils qui garantissent leur droit à travailler avec une efficacité élevée et autonome¹⁰². » Comme Engelbart et Licklider, Illich parlait du besoin d'une « symbiose » entre l'utilisateur et l'outil.

Felsenstein adopta l'idée d'Illich que les ordinateurs soient construits de façon à favoriser le bricolage. « Ses écrits m'ont encouragé à être le Joueur de flûte qui conduit les gens jusqu'au matériel qu'ils pourraient utiliser. » Une douzaine d'années plus tard, lorsqu'ils finirent par se rencontrer, Illich lui demanda : « Si vous voulez connecter les gens, pourquoi vouloir interposer des ordinateurs entre eux ? » À quoi Felsenstein répliqua : « Je veux que les ordinateurs soient les outils qui connectent les gens et qu'ils soient en harmonie avec eux¹⁰³. »

Felsenstein tressa ensemble, d'une manière très américaine, les idéaux de la culture du faire – la joie et la satisfaction qu'on tire d'une expérience d'apprentissage informelle de « faire-nous-mêmes » guidée par les pairs –, l'enthousiasme de la culture hacker pour les outils technologiques et le talent instinctif de la Nouvelle Gauche pour l'organisation communautaire^{*4}. Comme il le dit à un public d'austères bricoleurs lors de la Bay Area Maker Fair de 2013, après avoir noté leur décision bizarre mais finalement appropriée d'avoir choisi comme orateur inaugural un révolutionnaire des années 1960, « les racines de l'ordinateur individuel remontent au Mouvement pour la libre expression qui naquit à Berkeley en 1964 et au *Whole Earth*

Catalog, qui assura le marketing des idéaux du faire-soi-même sous-jacents au mouvement de l'informatique individuelle¹⁰⁴. »

En automne 1974, Felsenstein établit le cahier des charges d'un terminal « Tom Swift », un « dispositif cybernétique convivial » portant le nom « du héros populaire américain qui aurait le plus de chance d'être surpris en train de bricoler le matériel¹⁰⁵ ». C'était un terminal robuste conçu pour connecter les utilisateurs à un gros système informatique ou à un réseau. Felsenstein n'arriva jamais à le déployer complètement, mais il diffusa des copies ronéotées de la fiche technique, qu'il remit aux gens susceptibles d'en adopter le concept. Ce qui l'aida à amener en douceur les usagers de Community Memory et les lecteurs du *Whole Earth Catalog* à adhérer à sa croyance en des ordinateurs individuels et conviviaux. Ils pourraient devenir des outils au service des gens ordinaires et pas seulement de l'élite technologique. Pour reprendre l'expression du poète Richard Brautigan, ils devraient être des « machines de grâce aimante », et Felsenstein appela donc Loving Grace Cybernetics le cabinet de conseil qu'il fonda.

Felsenstein était un organisateur-né, aussi décida-t-il de créer une communauté de personnes qui partageraient sa philosophie : « Ma proposition, en suivant Illich, était qu'un ordinateur ne pourrait survivre qu'en faisant éclore un club d'informatique autour de lui. » Avec Fred Moore et Bob Albrecht, il était devenu un habitué du *potluck*, un repas-partage organisé les vendredis soir au People's Computer Center. Un autre habitué était Gordon French, un ingénieur dégingandé qui adorait construire lui-même ses ordinateurs. Parmi les sujets abordés, il y avait : « À quoi ressembleront vraiment les ordinateurs individuels lorsqu'ils verront enfin le jour ? » Lorsque les *potlucks* tombèrent en désuétude au début de 1975, Moore, French et Felsenstein décidèrent de créer un nouveau club. Leur premier tract proclamait : « Vous construisez votre propre ordinateur ? un terminal ? une machine à écrire avec affichage sur la télé ? un module entrée/sortie ? ou une autre sorte de boîte magique numérique ? Si c'est le cas, vous aimeriez peut-être rejoindre un groupe de gens qui s'intéressent aux mêmes choses que vous¹⁰⁶. »

Leur Homebrew Computer Club (« club d'informatique faite maison ») finit par attirer un échantillon représentatif de passionnés issus des nombreuses tribus culturelles du monde numérique autour de la baie de San Francisco. « Il y avait là, raconte Felsenstein, les gendarmes psychédéliques (quelques-uns seulement), les radioamateurs respectueux du règlement, les aspirants nababs de

l'industrie en chaussures blanches, les techniciens et ingénieurs désaxés de troisième choix et d'autres originaux, dont une dame très collet monté qui avait été – je l'ai appris plus tard – le pilote personnel du président Eisenhower quand elle était encore un homme. Tous voulaient qu'il y ait des ordinateurs individuels, et tous voulaient se débarrasser des contraintes des institutions, que ce soit le gouvernement, IBM ou les sociétés qui les employaient. Les gens voulaient avoir de la crasse informatique sous les ongles et s'amuser en même temps¹⁰⁷. »

La première réunion du Homebrew Computer Club se tint un mercredi pluvieux – le 5 mars 1975 – dans le garage de Gordon French à Menlo Park. Elle eut lieu juste au moment où le premier ordinateur de salon vraiment individuel fut disponible, non pas à Silicon Valley, mais dans un centre commercial étiré le long d'une sortie d'autoroute dans un désert de silicium.

Ed Roberts et l'Altair

Un autre type de personnage contribua à créer l'ordinateur individuel : l'entrepreneur en série. Ces pilotes de start-up dopés à la caféine finiraient par dominer Silicon Valley, évinçant les hippies, les disciples de la Whole Earth, les activistes communautaires et les bidouilleurs. Mais le premier à créer un ordinateur individuel commercialisable était basé loin de Silicon Valley comme des centres informatiques de la côte Est.

Lorsque le microprocesseur Intel 8080 allait sortir en avril 1974, Ed Roberts réussit à se procurer quelques fiches techniques manuscrites qui le décrivaient. Cet entrepreneur à la large carrure, qui opérait depuis une boutique d'Albuquerque, au Nouveau-Mexique, trouva une idée parfaitement simple de ce qu'il pourrait faire avec cet « ordinateur sur une puce » : un ordinateur¹⁰⁸.

Roberts n'était pas un informaticien, ni même un hacker. Il n'avait pas de grandioses théories sur l'intelligence augmentée ou la symbiose créée par les interfaces graphiques. Il n'avait jamais entendu parler de Vannevar Bush ou de Doug Engelbart. Mais c'était un bricoleur. Sa curiosité et sa passion faisaient de lui, à en croire un collaborateur, « le premier bricoleur du monde¹⁰⁹ ». Il n'était pas du genre à évoquer la *maker culture* avec des trémolos dans la voix, mais du genre à ravitailler la clientèle de gamins boutonneux (dont il était une sorte de version hypertrophiée) qui adoraient faire voler des modèles réduits d'avions et lancer des fusées dans leur arrière-cour. Roberts contribua à inaugurer une période dans laquelle le monde de l'informatique

individuelle fut impulsé non pas par les petits génies de Stanford et du MIT, mais par ces maniaques des radios en kit qui adoraient le doux parfum de la pâte à souder en fusion.

Ed Roberts était né à Miami en 1941 ; son père était réparateur d'appareils électroménagers. Il s'engagea dans l'armée de l'air, qui l'envoya en Oklahoma faire une licence en ingénierie, puis l'affecta à la division lasers d'un laboratoire d'armement à Albuquerque. C'est là qu'il commença à créer des entreprises, par exemple celle qui gérait l'animation des personnages dans les vitrines d'un grand magasin pendant les fêtes de fin d'année. En 1969, il s'associa avec un ancien camarade de l'armée de l'air, Forrest Mims, pour lancer une société visant le marché restreint mais enthousiaste des passionnés des fusées modèle réduit. Elle produisait des kits de montage permettant aux cadets de l'espace en herbe de fabriquer des feux clignotants et des gadgets radio pour suivre à la trace leurs fusées miniatures.

Roberts avait l'énergie inépuisable d'un accro à la réussite. D'après Forrest Mims, « il était absolument persuadé que ses talents d'entrepreneur lui permettraient de réaliser ses ambitions : gagner un million de dollars, apprendre à piloter, posséder son propre avion, vivre dans une ferme à la campagne et terminer ses études médicales¹¹⁰. » Ils baptisèrent leur société MITS, pour évoquer le MIT, et fabriquèrent après coup l'acronyme correspondant, *Micro Instrumentation and Telemetry Systems*. Leur pas-de-porte à usage de bureau loué cent dollars par mois, un ancien snack-bar, était coïncé entre un salon de massage et une laverie automatique dans un centre commercial linéaire en voie de désagrégation. La vieille enseigne « The Enchanted Sandwich Shop » était encore accrochée, non sans ironie, au-dessus de la porte de MITS.

Sur les traces de Jack Kilby de Texas Instruments, Roberts se lança ensuite dans la fabrication de calculatrices électroniques. Pour coller à la mentalité des bricoleurs, il vendait ses calculatrices sous forme de kits à assembler chez soi, même si elles n'auraient coûté guère plus livrées montées. À ce stade, il avait déjà eu la bonne fortune de rencontrer Les Solomon, chroniqueur technique de *Popular Electronics*, qui était passé à Albuquerque lors d'une tournée à la recherche de sujets. Solomon chargea Roberts de rédiger un article, dont la manchette, « Une calculatrice électronique à monter chez vous », fit la couverture du numéro de novembre 1971. En 1973, MITS avait déjà cent dix employés et un million de dollars de chiffre d'affaires. Mais les prix des calculatrices de poche étaient en chute libre, et la société ne faisait plus de bénéfices. « Nous sommes passés par une période où expédier une calculatrice en kit nous coûtait trente-neuf dollars quand on pouvait en acheter une pour vingt-neuf dollars dans un drugstore »,

raconte Roberts¹¹¹. Fin 1974, MITS avait déjà pour plus de trois cent cinquante mille dollars de dettes.

Il en fallait plus pour décourager un entrepreneur de la trempe de Roberts. Il réagit à la crise en décidant de se lancer sur un terrain entièrement nouveau. Fasciné depuis toujours par l'informatique, il présuma que les autres bricoleurs l'étaient aussi. Son objectif, confia-t-il avec enthousiasme à un ami, était de fabriquer un ordinateur pour les masses qui éliminerait une fois pour toutes le clergé de l'Église informatique. Après avoir étudié la documentation de l'Intel 8080, Roberts conclut que MITS pourrait produire un kit de montage pour un ordinateur rudimentaire qui serait tellement bon marché – en dessous de quatre cent dollars – que tous les mordus l'achèteraient. « On a cru qu'il avait pété un plomb », avouerait plus tard un collègue¹¹².



Ed Roberts (1941-2010).

HOW TO "READ" FM TUNER SPECIFICATIONS

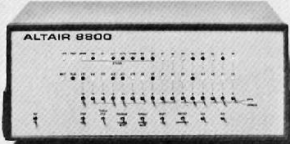
Popular Electronics

WORLD'S LARGEST-SELLING ELECTRONICS MAGAZINE JANUARY 1975/75¢

PROJECT BREAKTHROUGH!

World's First Minicomputer Kit to Rival Commercial Models...

"ALTAIR 8800" SAVE OVER \$1000



ALSO IN THIS ISSUE:

- An Under-\$90 Scientific Calculator Project
- CCD's—TV Camera Tube Successor?
- Thyristor-Controlled Photoflashers

TEST REPORTS:

Technics 200 Speaker System
Pioneer RT-1011 Open-Reel Recorder
Tram Diamond-4
Edmund Scientific
Hewlett-Packard

1001

Les gens d'Intel vendaient le 8080 au détail pour trois cent soixante dollars, mais Roberts réussit à les intimider suffisamment pour qu'ils descendent jusqu'à soixante-quinze dollars pièce à condition qu'il en achète mille. Il obtint ensuite un prêt en affirmant à la banque qu'il vendrait autant de kits que cela, bien qu'il craigne en secret que les commandes initiales ne dépassent pas les deux cents. Aucune importance. Son point de vue était celui de l'entrepreneur amateur de risque : soit il réussirait et changerait l'Histoire, soit il ferait faillite encore plus vite.

La machine que construisirent Roberts et son équipe hétéroclite n'aurait pas impressionné Engelbart, Kay ou leurs collègues dans les labos autour de Stanford. Elle n'avait que 256 octets de mémoire, pas de clavier ni aucun autre dispositif de saisie. Entrer des données ou des instructions ne pouvait se faire qu'avec une série d'interrupteurs à bascule. Les sorciers du Xerox PARC élaboraient des interfaces graphiques pour afficher les informations ; la machine qui sortait de l'ex-Enchanted Sandwich Shop n'affichait que des réponses en code binaire et uniquement par l'intermédiaire de quelques témoins lumineux qui clignotaient sur la face avant. Or, bien que ce ne soit pas un triomphe technologique, c'était ce que les bricoleurs voulaient depuis longtemps. Il y avait une demande refoulée pour un ordinateur qu'ils pourraient construire et posséder, exactement comme un poste de radioamateur en kit.

La notoriété est une composante importante de l'innovation. Un ordinateur créé, par exemple, au fin fond de l'Iowa dans un atelier en sous-sol ignoré de la presse deviendra, pour l'Histoire, comme l'arbre qui tombe dans la forêt inhabitée de l'évêque Berkeley : il n'est pas évident qu'il produise un bruit. La Mère de toutes les démos contribua à populariser les innovations d'Engelbart. C'est pourquoi les lancements de produit sont si importants. La machine de MITS aurait pu moisir avec les calculatrices invendues à Albuquerque si Ed Roberts n'avait pas auparavant copiné avec Les Solomon de *Popular Electronics*, l'équivalent pour les fans des radios en kit de *Rolling Stone* pour les fans du rock.

Solomon, un aventurier né à Brooklyn qui avait combattu dans sa jeunesse aux côtés de Menachem Begin et des sionistes en Palestine, était impatient de trouver un ordinateur individuel pour la couverture de son magazine. Un concurrent avait fait sa couverture sur le Mark-8, un ordinateur en kit peu performant qui utilisait le poussif Intel 8008.

Solomon savait qu'il lui faudrait rapidement faire mieux sur ce sujet. Roberts lui expédia l'unique prototype fonctionnel de sa machine via la Railway Express Agency, qui le perdit. (Ce vénérable service de messageries cesserait ses activités quelques mois plus tard.) Le numéro de janvier 1975*⁵ de *Popular Electronics* afficha donc une version fictive en couverture. Juste avant que le magazine parte à l'imprimerie, Roberts n'avait pas encore trouvé de nom pour sa création. D'après Salomon, sa propre fille Lauren, une fan de *Star Trek*, suggéra de lui donner le nom de l'étoile que le vaisseau spatial *Enterprise* visitait ce soir-là, Altaïr. Et c'est ainsi que le premier véritable ordinateur individuel domestique fut baptisé Altair 8800¹¹³.

« L'ère de l'ordinateur dans chaque foyer – sujet favori des auteurs de science-fiction –, est arrivée ! » proclamait l'introduction de l'article de *Popular Electronics*¹¹⁴. Pour la première fois, un ordinateur fonctionnel et abordable était proposé à la vente au grand public. « À mon avis, déclarerait plus tard Bill Gates, l'Altair est la première chose qui mérite l'appellation d'ordinateur individuel¹¹⁵. »

Dès le jour où ce numéro de *Popular Electronics* arriva dans les kiosques, les commandes affluèrent. Roberts fut obligé d'engager du personnel supplémentaire à Albuquerque pour répondre au téléphone. En un seul jour, MITS reçut quatre cents commandes et en l'espace de quelques mois cinq mille kits avaient été vendus (mais pas expédiés, car MITS ne pouvait pas les fabriquer aussi vite). Les gens envoyaient des chèques à une société dont ils n'avaient jamais entendu parler, dans une ville dont ils ne pouvaient pas orthographier le nom, dans l'espoir de finir par obtenir un coffret de pièces détachées qui, si tout se passait bien, ferait clignoter quelques diodes sur la base d'instructions qu'ils auraient soigneusement saisies avec des interrupteurs à bascule. Avec la passion des bricoleurs, ils voulaient leur propre ordinateur – pas une machine partagée ni connectée en réseau avec d'autres personnes, mais une machine avec laquelle ils pourraient faire joujou tout seuls dans leur chambre ou leur sous-sol.

Résultat : les bricoleurs des clubs d'électronique, associés aux hippies de la Whole Earth et aux hackers, lancèrent une nouvelle industrie, celle de l'ordinateur individuel, qui allait impulser la croissance économique et transformer la manière dont nous vivons et travaillons. Dans un mouvement du style « le pouvoir aux citoyens », les ordinateurs, arrachés au contrôle exclusif des grosses sociétés et de l'armée, furent remis aux mains des individus, ce qui en faisait des outils pour l'enrichissement personnel, la productivité et la créativité individuelles. « La société dystopique envisagée par George Orwell dans le sillage de la Seconde Guerre mondiale, à peu près à l'époque où le transistor fut inventé, ne s'est jamais matérialisée, écrivaient les

historiens Michael Riordan et Lillian Hoddeson, principalement parce que les dispositifs électroniques transistorisés ont donné beaucoup plus de pouvoir aux individus créatifs et aux entrepreneurs agiles beaucoup qu'à Big Brother¹¹⁶. »

Les débuts du Homebrew Computer Club

L'Altair fut la vedette de la première réunion du Homebrew Computer Club en mars 1975. MITS l'avait envoyé à la *People's Computer Company* pour un compte rendu, et il passa entre les mains de Felsenstein, de Lipkin et d'autres avant d'être apporté à la réunion. Il y fut exposé à un plein garage de bricoleurs, de hippies et de hackers. La plupart furent déçus – « Il n'y avait rien à voir à part des interrupteurs à bascule et des diodes clignotantes », raconte Felsenstein – mais ils sentirent confusément qu'il annonçait une ère nouvelle. Trente personnes se rassemblèrent et partagèrent ce qu'elles savaient. « C'était peut-être là le moment exact où l'ordinateur individuel est devenu une technologie conviviale », estime Felsenstein¹¹⁷.

Un hacker pur et dur, Steve Dompier, raconta qu'il était descendu en personne à Albuquerque pour arracher une machine à MITS, qui avait du mal à honorer les commandes. À la date de la troisième réunion du Homebrew Club, en avril 1975, il avait déjà fait une découverte amusante. Il venait d'écrire un programme pour trier des nombres, et pendant que celui-ci tournait il écoutait le bulletin météo sur la bande GO d'un poste à transistors. La radio commença à faire *zip-zzziiip-ZZZIIIPP* à différentes hauteurs, et Dompier se dit : « Ça alors ! Mon premier périphérique ! [...] J'ai essayé quelques autres programmes pour voir quels sons ils produisaient, et après environ huit heures de tâtonnements j'avais un programme qui pouvait émettre des sons musicaux et même faire de la musique¹¹⁸. » Il dressa un tableau des sons produits par différentes boucles de programmes et finit par pouvoir saisir avec les interrupteurs à bascule un programme qui, une fois lancé, jouait *The Fool on the Hill* des Beatles sur son petit poste à transistors calé entre deux stations^{*6}. Le son était désagréable, mais le public du Homebrew Club accusa un instant de silence respectueux, puis il y eut des acclamations et un rappel. Dompier fit alors jouer à son Altair une version de *Daisy Bell (Bicycle Built for Two)*, la première chanson jamais jouée par un ordinateur – un IBM 704 – aux laboratoires Bell en 1961, et qui fut reprise en 1968 par HAL pendant son démontage dans *2001, L'Odyssée de l'espace* de Stanley Kubrick. La chanson, suggéra Dompier, était pour ainsi dire dans « l'héritage génétique » de l'Altair. Les membres du club avaient

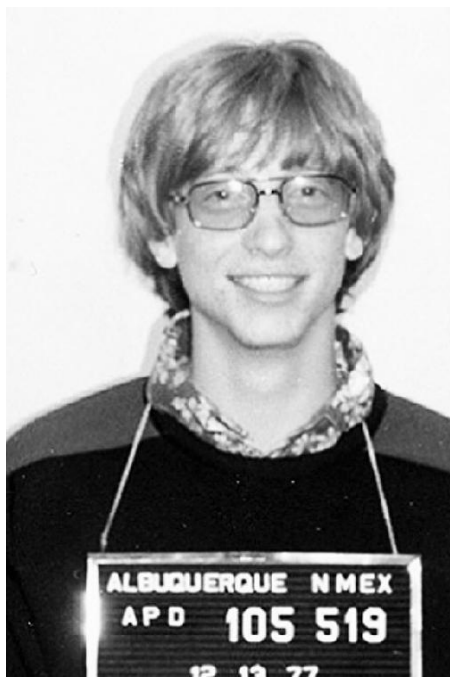
enfin trouvé un ordinateur qu'ils pouvaient emporter chez eux et auquel ils pouvaient faire faire toutes sortes de belles choses, et notamment, comme Ada Lovelace l'avait prédit, de la musique.

Dompier publia son programme musical dans le numéro suivant de la *People's Computer Company*, ce qui suscita une réaction historiquement intéressante de la part d'un lecteur perplexe. Ce Bill Gates, un étudiant de Harvard qui avait suspendu ses études afin de rédiger des logiciels pour MITS à Albuquerque, écrivait dans le bulletin que la société consacrait à l'Altair : « L'article présente un listing du programme et les données musicales pour *The Fool of the Hill* et *Daisy*. [Dompier] n'explique pas pourquoi ça marche et je ne vois pas pourquoi ça marcherait. Quelqu'un le sait-il¹¹⁹ ? » La réponse simple, c'est qu'en exécutant les programmes l'ordinateur produisait des fréquences parasites qui pouvaient être contrôlées par les boucles de synchronisation et être captées sous forme d'impulsions sonores par une radio à modulation d'amplitude.

Lorsque sa question fut publiée, Gates s'était déjà lancé dans un conflit plus fondamental avec le Homebrew Computer Club. Il deviendrait l'archétype de l'affrontement entre l'éthique commerciale de la protection sous licence des informations, représentée par Gates, et l'éthique hacker du libre partage des informations, représentée par le groupe du Homebrew Club.



Paul Allen (né en 1953) et Bill Gates (né en 1955) dans la salle d'informatique de la Lakeside School.



Bill Gates arrêté pour excès de vitesse en 1977.



L'équipe Microsoft, avec Gates en bas à gauche et Allen en bas à droite, juste avant de quitter Albuquerque en décembre 1978.

*1. Il parut le mois où Bush présenta au président Truman son autre essai novateur, « La science, frontière sans fin », qui proposait la création d'une collaboration en matière de recherche entre le gouvernement, l'industrie et les universités. Se reporter au chapitre précédent.

*2. La station de travail Xerox Star ne fut pas introduite avant 1981, huit ans après l'invention de l'Alto, et, au début, elle n'était même pas commercialisée comme un ordinateur autonome, mais comme faisant partie d'un « système de bureautique intégré » comprenant aussi un serveur, une imprimante et en général d'autres stations de travail en réseau.

*3. En 2014, Felsenstein travaillait sur un kit ludique pour collégiens, sorte de circuit logique en Lego qui aiderait les élèves à visualiser les bits, les composants électroniques et des fonctions logiques comme *ET*, *NON* et *OU*.

*4. Lorsque le magazine *Wired* traita le thème de la *maker culture* dans son numéro d'avril 2011, il mit pour la première fois une femme ingénieur en couverture, Limor Fried, entrepreneure autodidacte formée au MIT, dont le pseudo « ladyada » et le nom de la société (Adafruit Industries) étaient des hommages à Ada Lovelace.

*5. En kiosque une semaine avant Noël 1974. (*NdT*)

*6. Pour écouter l'Altair de Dompier jouer *The Fool on the Hill*, aller sur <http://startup.nmnaturalhistory.org/gallery/story.php?ii=46>.

9.

Le logiciel

Lorsque Paul Allen s'approcha du kiosque à journaux encombré au milieu de Harvard Square et aperçut l'Altair en couverture du *Popular Electronics* daté de janvier 1975, il fut à la fois enthousiasmé et consterné. Bien qu'il soit emballé par la révélation que l'ère de l'ordinateur individuel avait commencé, il craignait d'arriver trop tard pour participer à la fête. Il posa rageusement ses soixante-quinze cents sur le comptoir, s'empara du magazine et trotta dans la neige fondue jusqu'à la chambre en cité universitaire de Bill Gates, son pote de lycée de Seattle, mordu d'informatique lui aussi, qui l'avait convaincu de décrocher de la fac et de s'installer à Cambridge. « Hé ! ce truc est en train de nous passer sous le nez ! », déclara Allen. Gates se mit à osciller d'avant en arrière, comme cela lui arrivait souvent dans des moments particulièrement intenses. Quand il eut fini de lire l'article, il se rendit compte qu'Allen avait raison. Pendant les huit semaines suivantes, ils se lancèrent dans une frénésie programmatrice qui allait changer la nature commerciale de l'informatique¹.

Contrairement aux pionniers avant lui, Bill Gates, né en 1955, n'avait pas eu une enfance portée sur le côté matériel de l'électronique. Il n'avait jamais pris son pied à construire des postes de radio en kit ou à souder des circuits sur des cartes. Au lycée, un professeur de physique, agacé par l'arrogance que manifestait parfois Gates aux commandes du terminal en temps partagé de l'établissement, lui avait une fois imposé comme devoir le montage d'un kit Radio Shack. Lorsque Gates le lui remit, raconte l'enseignant, « la soudure dégoulinait sur le panneau arrière » du poste et il ne

marchait pas².

Pour Gates, la magie de l'informatique ne résidait pas dans la matérialité des circuits, mais dans le code des logiciels. « On n'est pas des gourous du matériel, Paul, réitérait-il chaque fois qu'Allen proposait de construire un ordinateur. Ce qu'on connaît, c'est le logiciel. » Même son ami Allen, légèrement plus âgé que lui, qui avait effectivement construit des postes de radioamateur, savait que l'avenir appartenait aux programmeurs. « Le matériel, avouait-il, n'était pas notre domaine de compétence³. »

Ce que Gates et Allen entreprirent de faire en ce jour de décembre 1974 où ils découvrirent la couverture de *Popular Electronics* fut de créer les logiciels des ordinateurs individuels. Mieux encore, ils voulaient recentrer l'industrie émergente de l'informatique de façon que le matériel devienne une marchandise interchangeable, tandis que les créateurs du système d'exploitation et des logiciels d'application empocheraient l'essentiel des bénéfices. « Quand Paul m'a montré ce magazine, raconte Bill Gates, l'industrie du logiciel n'existait pas. Nous avons eu l'intuition qu'on pourrait en créer une. Et nous l'avons fait. » Des années plus tard, en se penchant sur ses innovations, il dirait : « C'est l'idée la plus importante que j'aie jamais eue⁴. »

Bill Gates

Le balancement par lequel réagit Bill Gates en lisant l'article de *Popular Electronics* exprimait l'intensité de son caractère depuis sa petite enfance. « Bébé, il se balançait déjà tout seul dans son berceau », raconte son père, un sympathique avocat aux affaires florissantes. Son jouet favori était un cheval à bascule monté sur ressorts⁵.

La mère de Bill, personnalité engagée et respectée issue d'une grande famille de banquiers de Seattle, était connue pour sa force de caractère, mais elle découvrit rapidement qu'elle ne faisait pas le poids devant son rejeton. Souvent, quand elle l'appelait pour dîner et lui demandait de quitter sa chambre en sous-sol – qu'elle avait renoncé à lui faire tenir propre –, il ne répondait pas. « Qu'est-ce tu fais ? lui demanda-t-elle un jour.

— Je pense ! lui cria-t-il.

— Tu penses ?

— Oui, maman, je pense. Tu as déjà essayé de penser ? »

Elle l'envoya chez un psychologue, qui l'aiguilla vers des ouvrages sur Freud. Il les dévora, mais fut incapable de réformer son attitude.

Au bout d'une année de séances, le psychologue dit à la mère de Gates : « Vous ne gagnerez jamais. Vous feriez mieux de vous adapter à la situation parce qu'il est inutile d'essayer de le battre. » Son père se rappelle « qu'elle a fini par accepter qu'il était futile de vouloir entrer en concurrence avec lui⁶. »

Malgré de telles rébellions occasionnelles, Gates se plaisait dans cette famille aimante et unie. Ses parents et ses deux sœurs appréciaient les conversations de table animées, les jeux de société, les énigmes et les jeux de cartes. Parce qu'il était né William Henry Gates III, sa grand-mère, joueuse de bridge fanatique (et basketteuse émérite) le baptisa Trey – le terme désignant un trois aux cartes ou aux dés –, qui devint son surnom d'enfant. Les Gates et des amis de la famille passaient la plus grande partie de l'été et certains week-ends dans une série de bungalows le long du canal Hood, près de Seattle. Les enfants participaient à des « Jeux olympiques » de fantaisie : cérémonie d'ouverture formelle avec parade aux flambeaux, suivie de courses à cloche-pied, de lancers d'œufs et d'autres épreuves similaires. « Ces jeux étaient très sérieux, raconte M. Gates. Il était important de gagner⁷. » C'est là que Bill, à l'âge de onze ans, négocia son premier contrat en bonne et due forme : il rédigea et signa un accord qui lui conférait le droit non exclusif mais illimité d'utiliser le gant de base-ball d'une de ses sœurs pour la somme de cinq dollars. « Quand Trey veut avoir le gant, on le lui donne » – telle en était l'une des dispositions⁸.

Gates avait tendance à éviter les sports d'équipe, mais il devint un joueur de tennis et un skieur nautique compétent. En outre, il travaillait assidûment à perfectionner certains tours d'adresse, comme sauter hors d'une poubelle cylindrique sans en toucher les bords. Son père avait été scout émérite avec le grade suprême d'*Eagle* et on vit chez lui, tout au long de sa vie, l'empreinte des douze vertus du scoutisme ; le jeune Bill devint à son tour un scout fervent qui accumula onze brevets, mais il lui en manqua trois pour être *Eagle*. Lors d'un jamboree, il montra comment se servir d'un ordinateur, seulement c'était avant qu'on puisse décrocher un brevet pour des aptitudes en informatique⁹.

Malgré toutes ces saines activités, l'intellect exceptionnel de Gates, ses lunettes surdimensionnées, sa maigreur, sa voix aiguë et son style de bûcheur (la chemise souvent boutonnée jusqu'en haut) le faisaient passer pour un maniaque de l'informatique gravement atteint. « C'était un *nerd* avant même que ce terme soit inventé », résumait un de ses professeurs. Son intensité intellectuelle était légendaire. À dix ans, lorsqu'on donna à la classe un devoir de sciences à développer en cinq pages, il en rendit trente. Cette année-là, il cocha la case

« scientifique » quand on lui demanda de choisir sa future profession. Il gagna aussi un dîner au sommet de la Space Needle de Seattle en apprenant par cœur et en récitant sans faute le Sermon sur la Montagne lors d'un concours organisé par un pasteur proche de sa famille¹⁰.

En automne 1967, quand Gates venait d'avoir douze ans, mais en paraissait neuf, ses parents comprirent qu'il vaudrait mieux qu'il soit dans une école privée. « Nous avons commencé à nous inquiéter quand il s'apprêtait à entrer au collège, explique son père. Il était tellement chétif, tellement timide, il avait tellement besoin de protection et ses intérêts étaient tellement différents de ceux des élèves de sixième habituels¹¹. » Ils choisirent Lakeside, qui ressemblait à une prépa de la Nouvelle-Angleterre avec ses vieux bâtiments en brique, et qui accueillait les fils (et, bientôt, les filles) des membres de l'aristocratie des affaires et des professions libérales de Seattle.

Quelques mois après son entrée à Lakeside, la vie de Gates fut transformée par l'arrivée d'un terminal informatique dans une petite salle au rez-de-chaussée du bâtiment des sciences et des mathématiques. En réalité, ce n'était pas un ordinateur proprement dit, mais un terminal à téléscripateur connecté par une ligne téléphonique à un système informatique General Electric Mark II à temps partagé. L'association des mères d'élèves de Lakeside avait acheté avec les trois mille dollars provenant d'une vente de charité le droit d'utiliser des heures-machine sur le système au tarif de quatre dollars quatre-vingts par minute. Il se trouva que ces dames avaient déplorablement sous-estimé l'engouement que susciterait cette nouveauté et les frais qu'elle entraînerait. Quand le prof de maths de cinquième lui montra le terminal, Gates fut instantanément conquis. « J'en savais plus que lui ce premier jour, raconte l'enseignant, mais uniquement ce premier jour¹². »

Gates se mit à fréquenter la salle d'informatique chaque fois qu'il le pouvait, tous les jours, avec un noyau dur d'amis. « Nous étions partis dans notre propre monde », commente-t-il. Le terminal informatique devint pour lui ce qu'avait été la boussole pour le jeune Einstein : un objet magnétique qui sollicitait sa curiosité la plus intime et la plus passionnée. En s'efforçant d'expliquer ce qu'il aimait dans l'ordinateur, Gates dirait plus tard que c'était la simple beauté de sa rigueur logique, chose qu'il avait lui-même cultivée dans sa façon de penser : « Quand vous vous servez d'un ordinateur, vous ne pouvez pas produire des énoncés flous. Vous ne produisez que des énoncés précis¹³. »

Le langage utilisé par l'ordinateur était le BASIC (pour *Beginner's*

All-Purpose Symbolic Instruction Code, « Code universel d'instructions symboliques pour débutant », qui avait été développé quelques années plus tôt au Dartmouth College pour permettre à des non-ingénieurs d'écrire des programmes. Aucun des enseignants de Lakeside ne connaissait le BASIC, mais Gates et ses amis absorbèrent le manuel de quarante-deux pages et devinrent experts en la matière. Bientôt, ils apprirent tout seuls des langages plus évolués, tels que le Fortran et le COBOL, mais le BASIC demeura le premier amour de Gates. Il était encore au collège quand il produisit des programmes qui jouaient au morpion et convertissaient des nombres d'une base mathématique en une autre.

Paul Allen avait deux ans d'avance sur Gates et était physiquement plus mature (il pouvait même se faire pousser des favoris) lorsqu'ils se rencontrèrent dans la salle d'informatique de Lakeside. Grand et sociable, ce n'était pas le bûcheur typique. Il fut immédiatement amusé et charmé par Gates : « J'ai vu un gringalet de quatrième avec des taches de rousseur qui s'insinuait doucement dans la foule autour du téléscripneur, tout en bras et jambes et énergie nerveuse. Ses cheveux blonds s'épalaient de tous les côtés. » Les deux garçons sympathisèrent ; ils travaillaient souvent tard le soir dans la salle d'informatique. « Il avait vraiment l'esprit de compétition, raconte Allen. Il voulait vous montrer à quel point il était intelligent. Et il était vraiment très, très obstiné¹⁴. »

Un jour, Allen, qui venait d'un milieu bien plus modeste (son père travaillait dans l'administration de la bibliothèque à l'université du Washington), rendit visite à Gates chez lui et fut impressionné : « Ses parents étaient abonnés à *Fortune* et Bill lisait ça religieusement. » Lorsque Gates lui demanda quel effet cela lui ferait de diriger une grosse entreprise, Allen dit qu'il n'en avait aucune idée. « Peut-être qu'on aura notre propre entreprise un jour », déclara Gates¹⁵.

Un trait qui les différenciait l'un de l'autre était la concentration. L'esprit d'Allen voletait au milieu de nombreuses idées et passions, mais Gates était obsédé par son objectif. « Alors que moi j'étais curieux et voulais étudier tout ce que je voyais, raconte Allen, Bill se concentrait sur une seule tâche à la fois avec une discipline absolue. Ça se voyait quand il était en train de programmer : il se balançait sur sa chaise et tapait du pied, le feutre entre les dents, blindé contre toute distraction¹⁶. »

En surface, Gates pouvait passer à la fois pour un fondu de l'informatique et un petit morveux. Il aimait la confrontation, même avec les professeurs, et piquait une vraie colère quand il était contrarié. C'était un génie, il le savait et il l'affichait. Il avait la dent

de dure avec les faiblesses d'autrui. « C'est stupide », disait-il à ses camarades de classe comme à ses professeurs. Ou alors il montait l'insulte d'un cran : « C'est le truc le plus stupide que j'aie jamais entendu », voire « C'est la mort cérébrale complète. » Un jour en classe, il se moqua d'un garçon qui était lent à comprendre, ce qui incita un élève assis devant lui à se retourner, l'empoigner par son col boutonné et menacer de lui faire une tête au carré. Le professeur dut intervenir.

Mais pour ceux qui le connaissaient, Gates était plus qu'un *nerd* ou un morveux insupportable. Intense et impitoyablement intelligent, il avait aussi un sens de l'humour, adorait l'aventure, prenait des risques et aimait organiser des activités. À seize ans, il reçut une Ford Mustang rouge flambant neuve (il l'avait encore plus de quarante ans plus tard, conservée dans le garage de sa résidence) avec laquelle il faisait des virées à fond la caisse avec des amis. Il amena aussi ses copains à la propriété familiale au bord du canal Hood, où il s'adonnait au parachute ascensionnel, tracté par une vedette au bout d'un câble de trois cents mètres. Il apprit par cœur la nouvelle classique de James Thurber *La nuit où le lit tomba* pour un spectacle à l'école, et eut la vedette dans une production de *Comédie dans le noir* de Peter Shaffer. C'est à peu près à cette époque qu'il commença à informer négligemment les gens qu'il gagnerait un million de dollars avant d'avoir trente ans. Il s'était terriblement sous-estimé : à trente ans, il vaudrait trois cent cinquante millions de dollars.

Le groupe de programmation de Lakeside

En automne 1968, au moment où Gates entrait en quatrième, Allen et lui créèrent le Groupe de programmation de Lakeside. D'un côté, c'était la version geek de la bande de jeunes. « Au fond, le Groupe était un club de mecs, avec pas mal de gonflette et de testostérone dans l'air », disait Allen. Or il se transforma rapidement en une entreprise monétisable, et compétitive en plus. « C'est moi qui ai fait bouger les choses, déclara Gates. J'étais le mec qui a dit : "On appelle le monde réel et on essaie de lui vendre quelque chose¹⁷." » Comme Allen le noterait plus tard avec un léger agacement, « nous étions tous décidés à montrer ce que nous savions faire, mais Bill était incontestablement le plus motivé et celui qui avait le plus l'esprit de compétition¹⁸. »

Le Groupe comprenait deux autres habitués de la salle d'informatique de Lakeside. Rick Weiland, qui était en seconde avec

Paul Allen, était enfant de chœur à l'église luthérienne locale, et son père était ingénieur chez Boeing. Deux ans plus tôt, il avait monté son propre ordinateur dans son sous-sol. Il ne ressemblait pas du tout aux autres maniaques terrés dans la salle d'informatique. D'une beauté remarquable, la mâchoire carrée, grand et musclé, il essayait d'assumer le fait qu'il était gay, situation difficile à évoquer dans un lycée traditionaliste des années 1960.

L'autre associé était Kent Evans, qui était en quatrième avec Gates. Fils d'un pasteur unitarien, il était sociable et fidèle en amitié ; il devait son sourire asymétrique mais engageant à l'opération qui avait rectifié son palais fendu. Il n'avait peur de rien et n'avait aucune inhibition, que ce soit pour démarcher les gens au téléphone ou escalader des falaises rocheuses. Il avait inventé l'appellation *Lakeside Programming Group* afin de soutirer des échantillons gratuits aux sociétés qui plaçaient leur publicité dans les revues d'électronique. Il adorait aussi les affaires, et Gates et lui lisaient ensemble chaque numéro de *Fortune*. Il devint le meilleur ami de Gates. « Nous allions conquérir le monde, raconte Gates. On se parlait au téléphone pendant des heures. Je me souviens encore de son numéro¹⁹. »

Le Groupe se vit confier son premier travail en cet automne 1968. Des ingénieurs de l'université de Washington avaient créé une petite société d'informatique en temps partagé, hébergée dans une concession Buick abandonnée et baptisée Computer Center Corporation ou, plus familièrement, C-Cubed (« C³ »). Ils achetèrent un DEC PDP-10 – un gros système polyvalent qui deviendrait l'outil performant de l'industrie naissante du temps partagé et l'ordinateur favori de Gates –, avec le projet de vendre du temps de calcul à des clients tels que Boeing, qui s'y connecteraient via des lignes de télex et de téléphone. Parmi les associés de C-Cubed, il y avait une mère d'élève de Lakeside qui fit à Gates et sa bande une proposition alléchante, un peu comme si on demandait à une meute de bambins de l'école primaire d'officier comme goûteurs dans une usine de chocolat. Leur mission : pousser le PDP-10 dans ses derniers retranchements, aussi longtemps qu'ils le voudraient, quitte à programmer la nuit et le week-end, histoire de voir ce qu'ils pourraient faire pour le planter. Le marché passé avec DEC était le suivant : C-Cubed n'aurait pas à payer la location-bail du PDP-10 tant que celui-ci ne serait pas débogué et stabilisé. DEC n'avait pas envisagé qu'il soit testé par les casse-cou pré-adolescents du Groupe de Lakeside.

Il y avait deux règles : chaque fois qu'ils plantaient la machine, il fallait qu'ils décrivent ce qu'ils avaient fait pour en arriver là, et ils ne pourraient pas rejouer le même scénario sans y avoir été invités. « Ils

nous ont mis dans le coup comme si nous étions des singes détecteurs de bogues, raconte Gates. Alors nous poussions la machine à fond avec des méthodes absolument brutales. » Le PDP-10 comportait trois bandes magnétiques, et les gars de Lakeside les faisaient tourner toutes les trois en même temps puis essayaient ensuite de planter le système en lançant simultanément une bonne douzaine de programmes pour accaparer un maximum de mémoire. « C'était dingue », commenta Gates²⁰. En échange de leurs prestations pendant ce galop d'essai, ils pouvaient utiliser tout le temps partagé qu'ils voulaient pour rédiger leurs propres programmes. Ils créèrent un jeu de Monopoly avec un générateur de nombres aléatoires pour lancer les dés et Gates concrétisa sa fascination pour Napoléon (un autre fort en maths) en élaborant un jeu de stratégie complexe. « Il y avait des armées, et on se livrait des batailles, explique Allen. Le programme devenait de plus en plus gros, et finalement, quand on l'étaït, ça faisait quinze mètres de papier télex²¹. »

Les garçons prenaient le bus pour aller chez C-Cubed et passaient leurs soirées et leurs week-ends penchés sur le clavier dans la salle du terminal. « Je suis devenu accro, se vantait Gates. On bossait jour et nuit. » Ils programmaient jusqu'à ce que la faim les tenaille, puis traversaient la rue pour aller au Mornington Pizza, un repaire de hippies. Chez Gates, l'informatique tourna à l'obsession. Sa chambre était jonchée de vêtements et de liasses de listage. Ses parents essayèrent de lui imposer un couvre-feu, mais en vain. « Trey était tellement mordu qu'il descendait en catimini au sous-sol quand nous étions couchés et y passait la plus grande partie de la nuit », raconte son père²².

Le cadre de chez C-Cubed qui devint leur mentor n'était autre que Steve Russell, dit Slug (« la Limace »), le programmeur créatif et pince-sans-rire qui avait développé *Spacewar* quand il était étudiant au MIT. Il passait le flambeau à une nouvelle génération de hackers. « Bill et Paul s'amusaient tellement à planter la machine que j'étais tout le temps obligé de leur rappeler qu'ils n'étaient pas censés recommencer avant qu'on le leur dise, raconte Russell²³. Quand je mettais mon nez dans leurs affaires, ils me posaient une question, ou trois, ou cinq, et j'avais naturellement tendance à développer considérablement mes réponses²⁴. » Ce qui étonnait surtout Russell était la capacité de Gates à associer différents types d'erreurs à des programmeurs particuliers de chez DEC. On lisait dans un rapport typique rédigé par Gates : « Bon, le code de M. Faboli dans cette ligne : il a fait la même erreur, ne pas vérifier le sémaphore quand il change le statut. Si nous insérons simplement cette ligne ici, nous pouvons éliminer le problème²⁵. »

Gates et Allen finirent par appréhender l'importance du système d'exploitation de l'ordinateur, qui était une sorte de système nerveux. Comme l'expliquait Allen : « Il fait le travail logistique qui permet à l'unité centrale de calculer : passer d'un programme à un autre, allouer de l'espace mémoire aux fichiers, échanger des données avec modems, les lecteurs de disques et les imprimantes. » Le logiciel du système d'exploitation pour le PDP-10 était le TOPS-10 ; Russell permit à Gates et Allen de lire les manuels sur place, mais pas de les emporter chez eux. Ils restaient parfois jusqu'à l'aube pour s'en imprégner.

Gates se rendit compte que pour comprendre complètement le système d'exploitation il leur faudrait avoir accès au code source, que les programmeurs utilisaient pour spécifier chaque action à accomplir. Mais ce code source était verrouillé par les ingénieurs de la maîtrise et l'accès en était interdit aux petits gars de Lakeside. Ce qui renforçait son caractère de Saint Graal. Un week-end, ils s'aperçurent que les sorties papier du travail des programmeurs étaient jetées dans une grande benne à l'arrière de l'immeuble. Alors Allen fit la courte échelle à Gates – « Il ne devait pas peser plus de cinquante kilos », dit Allen –, et Gates plongea dans la benne pour fouiller au milieu du marc de café et autres déchets et trouver les liasses tachées et froissées de papier à pliage accordéon. « Nous avons rapporté ce précieux butin à la salle du terminal et l'avons examiné pendant des heures, raconte Allen. Je n'avais pas de pierre de Rosette pour m'aider et je comprenais peut-être une ou deux lignes sur dix, mais j'ai été sidéré par l'élégance et la concision du code source. »

Ce qui conduisit Gates et Allen à vouloir creuser jusqu'au niveau suivant. Pour appréhender l'architecture du système d'exploitation, il leur faudrait maîtriser l'assembleur, les instructions codées sous-jacentes – « Charger B. Ajouter C. Stocker en A. » – qui parlaient directement au matériel. « En voyant que ça m'intéressait, Steve Russell m'a pris à part, m'a remis un manuel d'assembleur relié sous couverture plastique et m'a dit : "Il faut que tu lises ça²⁶." » Gates et Allen lisaient les manuels et avaient parfois encore du mal à comprendre. Russell leur remettait alors un autre manuel en disant : « Maintenant, c'est le moment de lire ça. » Au bout d'un certain temps, ils finirent par maîtriser les complexités et les simplicités qui rendent un système d'exploitation aussi puissant et aussi gracieux.

Lorsque les logiciels DEC furent finalement jugés stables, les gars de Lakeside perdirent leur droit d'utiliser gratuitement le PDP-10. « En gros, ils nous ont dit : "O.K., les mioches, rentrez chez vous." », commente Gates²⁷. L'association des mères d'élèves de Lakeside vint à leur secours, jusqu'à un certain point. Elle finança des comptes

personnels pour les membres du Groupe, mais il y avait une somme et une durée à ne pas dépasser. Gates et Allen, qui savaient très bien qu'ils ne pourraient pas respecter ces limites, tentèrent de tricher en récupérant un mot de passe d'administrateur, puis en piratant le fichier système de la comptabilité interne et en perçant le code de chiffrement. Ce qui leur permit de se servir dans les comptes gratuits. Mais avant qu'ils ne puissent faire beaucoup de dégâts, ils se firent prendre : leur professeur de maths découvrit leur rouleau de papier télex avec tous les numéros de compte et mots de passe. L'affaire remonta jusqu'aux derniers échelons de la hiérarchie chez C-Cubed et chez DEC, et une austère délégation se déplaça à Lakeside pour une réunion dans le bureau du proviseur. Gates et Allen baissèrent la tête pour simuler une profonde contrition, mais cela ne marcha pas. Ils se virent interdire l'accès au système pour le reste du semestre et tout l'été.

« Un temps, j'ai renoncé à l'informatique et j'ai essayé d'être normal, raconte Gates. J'ai décidé de prouver que je pourrais avoir la mention très bien partout sans jamais rapporter un livre de classe à la maison. Au lieu de quoi j'ai lu des biographies de Napoléon et des romans comme *L'Attrape-cœur*²⁸. »

Le Groupe de programmation de Lakeside resta inactif pendant presque un an. Puis, à l'automne 1970, le lycée commença à acheter des heures machine sur un PDP-10 à une société de Portland, dans l'Oregon, Information Sciences, Inc. (ISI). C'était onéreux, quinze dollars de l'heure. Gates et ses amis apprirent rapidement à pirater le système pour s'en servir gratuitement, mais se firent prendre une fois de plus. Alors ils essayèrent une autre démarche : ils envoyèrent à ISI une lettre proposant leurs services en échange de la gratuité du temps partagé.

Les cadres de chez ISI avaient des doutes, aussi les quatre larrons descendirent-ils à Portland munis de liasses de listages et de codes de programmes pour montrer leur compétence. « Nous avons décrit les grandes lignes de notre expérience et soumis nos CV », raconte Allen. Gates, qui venait d'avoir seize ans, écrivit le sien au crayon sur du papier réglé à usage scolaire. Ils eurent pour tâche d'écrire un programme de comptabilité qui calcule les salaires avec les prélèvements et impôts corrects²⁹.

C'est alors qu'apparurent les premières fissures dans la relation entre Gates et Allen. Il fallait que le programme soit écrit non pas en BASIC, langage favori de Gates, mais en COBOL (*Common Business-Oriented Language*), le langage plus complexe développé par Grace

Hopper et d'autres pour le monde de l'entreprise. Rick Weiland, qui connaissait le COBOL, écrivit un éditeur de programme pour le système de l'ISI, qu'Allen maîtrisa rapidement. À ce stade, les deux garçons plus âgés décidèrent qu'ils n'avaient pas besoin de Gates ni de Kent Evans. « Paul et Rick ont décrété qu'il n'y avait pas assez de travail en chantier et nous ont dit : "On n'a pas besoin de vous, les mecs.", se rappelle Gates. Ils croyaient qu'ils feraient le boulot et auraient du temps de calcul gratuit³⁰. »

Gates resta sur la touche six semaines pendant lesquelles il lut des livres d'algèbre et évita Allen et Weiland. « Et c'est alors que Paul et Rick ont compris leur douleur : merde, on n'y arrive pas. » Le programme exigeait non seulement un programmeur compétent, mais aussi quelqu'un qui puisse calculer les prélèvements de la sécurité sociale, les impôts fédéraux et l'assurance-chômage de l'État. « Alors ils disent : "Hé ! On a des problèmes avec ce truc, tu peux pas venir nous aider ?" » C'est à ce moment que Gates utilisa un levier qui définirait sa relation future avec Allen, et qu'il décrit ainsi : « Et là, je dis : "O.K. Mais c'est moi qui commande. Et je vais m'habituer à commander, alors ça va être difficile de traiter avec moi à partir de maintenant sauf si c'est moi qui commande. Si vous me confiez la responsabilité de ce truc, je m'en occupe, de ça et de tout ce qu'on pourra faire ensuite³¹." »

Et c'est ce qui se passa. Lorsqu'il réintégra le Groupe, il insista pour le transformer en un partenariat en bonne et due forme, sur la base d'un accord rédigé avec l'aide de son père. Et bien qu'en général les partenariats n'aient pas de président, Gates commença à se décerner ce titre. Il avait seize ans. Puis il répartit les dix-huit mille dollars de temps partagé qu'ils étaient en train de gagner, non sans arnaquer Allen au passage : « J'ai pris quatre onzièmes pour moi, j'ai donné quatre onzièmes à Kent, deux onzièmes à Rick et un onzième à Paul. Les mecs ont trouvé ces onzièmes vraiment bizarres. Mais Paul était si paresseux, il n'avait jamais rien fait et j'essayais tout simplement de prendre une décision. Bon, il y avait un rapport de un à deux entre ce que Paul avait fait et ce que Rick avait fait, et puis il y avait plus qu'un rapport de un à deux entre ce que Rick avait fait et ce que nous avions fait Kent et moi³². »

Au début, Gates essaya de s'octroyer légèrement plus qu'à Kent Evans. « Mais Kent ne se laissa pas faire. » Evans avait autant la bosse du commerce que Gates. Quand ils eurent terminé le programme de salaires, Evans nota dans le journal de bord qu'il tenait méticuleusement : « Mardi, nous allons à Portland livrer le programme et, comme ils l'ont formulé, "mettre au point un accord pour une collaboration future." Tout ce qui a été fait jusqu'ici l'a été en échange

de sa valeur pédagogique et d'onéreuses heures-machine. Maintenant nous voulons aussi recevoir une rémunération financière³³. » Les négociations furent tendues, et ISI essaya un temps de leur retenir une partie du paiement en heures-machine sous prétexte d'un manque de documentation. Mais le différend fut résolu grâce à une lettre rédigée par le père de Gates, et un nouvel accord fut négocié.

À l'automne 1971, alors que Gates entrait en première, Lakeside fusionna avec un lycée de filles. Ce qui créa un cauchemar pour les emplois du temps, si bien que l'administration demanda à Gates et Evans d'écrire un programme pour résoudre le problème. Gates savait que l'emploi du temps d'un établissement exigeait des dizaines de variables – cours obligatoires, emplois du temps des enseignants, configuration des salles, matières principales, matières en option, sections décalées, plages horaires doubles pour les TP –, qui rendraient la tâche extrêmement difficile, alors il refusa. Ce fut donc un enseignant qui releva le défi tandis que Gates et Evans assuraient à sa place son cours d'informatique. Mais en janvier 1972, alors qu'il peinait encore à produire un programme fonctionnel, ce professeur fut tué dans le crash d'un avion de tourisme. Gates et Evans acceptèrent de prendre le relais. Ils passèrent des heures dans la salle d'informatique, dormant parfois sur place, pour tenter d'écrire un nouveau programme à partir de zéro. En mai, ils se donnaient encore beaucoup de mal pour essayer de l'achever de façon à ce qu'il soit prêt pour l'année scolaire suivante.

C'est alors qu'Evans, épuisé comme il l'était, décida de participer quand même à une randonnée en montagne à laquelle il s'était inscrit. Ce n'était pas un sportif. « C'était vraiment inattendu qu'il se soit inscrit à ce stage d'alpinisme, raconte Gates. Je crois qu'il voulait tester ses limites. » Le père d'Evans, qui savait à quel point son fils était fatigué, le supplia d'annuler. « La dernière fois que je lui ai parlé, j'ai essayé de le persuader de ne pas y aller, mais il s'imposait de ne jamais laisser quelque chose d'inachevé. » Les stagiaires étaient en train d'apprendre l'assurance sur une pente pas trop abrupte lorsqu'Evans trébucha. Il essaya de se relever, puis continua de rouler sur plus de deux cents mètres sur la neige puis sur un glacier, rentrant les bras dans un réflexe de protection alors qu'il aurait dû les écarter. Il heurta plusieurs rochers de la tête et mourut dans l'hélicoptère des sauveteurs.

Le proviseur de Lakeside téléphona chez les Gates ; Bill fut convoqué dans la chambre de ses parents, où il apprit la nouvelle^{*1}. Les obsèques furent dirigées par le professeur de dessin de Lakeside, Robert Fulghum, pasteur unitarien comme le père d'Evans, qui deviendrait plus tard un auteur à succès (*Tout ce que j'ai réellement*

besoin de savoir, je l'ai appris à l'école maternelle). « Je n'avais jamais pensé à la mort de quelqu'un, raconte Gates. Pendant l'office, j'étais censé prendre la parole, mais je n'arrivais pas à me lever. Deux semaines durant, j'ai été incapable de faire quoi que ce soit. » Plus tard, il passa beaucoup de temps avec les parents de Kent. « Ils tenaient à Kent comme à la prune de leurs yeux³⁴. »

Gates appela Paul Allen, qui venait de terminer sa première année de licence à l'université d'État du Washington, et lui demanda de rentrer à Seattle pour l'aider à terminer le programme de l'emploi du temps. « J'allais le faire avec Kent, lui dit-il. J'ai besoin d'aide. » Il était mal en point. « Bill a été déprimé pendant des semaines », raconte Allen³⁵. Ils apportèrent des lits de camp à Lakeside et, comme au bon vieux temps, passèrent de nombreuses nuits dans la salle d'informatique à communier avec un PDP-10 en cet été 1972. Avec son esprit rigoureux, Gates réussit à décomposer le problème à la Rubik's Cube posé par les multiples variables de l'emploi du temps en une série de petits sous-problèmes qui pouvaient se résoudre de manière séquentielle. Il réussit également à se mettre dans un cours d'histoire avec toutes les filles bien et un seul autre garçon (« une vraie lavette ») et à s'assurer que ses copains de terminale et lui aient le mardi après-midi de libre. Ils se firent imprimer des T-shirts avec l'image d'un tonneau de bière et l'inscription *Tuesday Club*³⁶.

Cet été-là, Gates et Allen furent enchantés par l'apparition du microprocesseur 8008 de chez Intel, puissante nouvelle version de son 4004, l'« ordinateur sur une puce » originel. Ils furent tellement enthousiasmés par l'article correspondant dans *Electronics Magazine* que Gates se souviendrait encore des années plus tard du numéro de la page sur laquelle il figurait. Si cette puce pouvait vraiment fonctionner comme un ordinateur et se programmer, pourquoi ne pas lui créer un langage de programmation, plus précisément une version du BASIC ? demanda Allen à Gates. S'ils réussissaient pareil exploit, soutenait Allen, « les gens ordinaires pourraient acheter des ordinateurs pour leur bureau, et même pour chez eux. » Gates rejeta le 8008 comme n'étant pas à la hauteur de cette tâche : « Il serait d'une lenteur pathétique et le BASIC lui-même occuperait presque toute la mémoire. Il n'a pas la puissance qu'il faut, c'est tout. » Allen se rendit compte que Gates avait raison et ils se mirent d'accord pour attendre qu'un microprocesseur deux fois plus puissant apparaisse dans un an ou deux, conformément à la loi de Moore. Les paramètres de leur partenariat se précisaient. « J'étais l'homme des idées, celui qui concevait des trucs dans l'abstrait, explique Allen. Bill m'écoutait et me lançait des défis, puis il se concentrait sur mes meilleures idées

pour les faire passer de l'abstraction à la réalité. Il y avait une tension naturelle dans notre collaboration, mais en général celle-ci fonctionnait bien et était fructueuse³⁷. »

Gates avait décroché un contrat pour analyser les flux de circulation au profit d'une société qui comptait le nombre de véhicules roulant sur des tubes pneumatiques fixés en travers de la chaussée. Allen et lui décidèrent de créer un ordinateur dédié qui traiterait les données brutes. Plus soucieux d'efficacité que d'élégance, Gates baptisa Traf-O-Data leur nouveau projet. Ils se rendirent dans un magasin d'électronique de la chaîne Hamilton Avnet et, avec l'aplomb exigé par ce moment historique, payèrent trois cent soixante dollars cash une seule puce Intel 8008. Allen s'en souvient très bien : « Le vendeur nous a remis une petite boîte en carton, qu'il a ouverte devant nous, et là, nous avons vu notre premier microprocesseur. À l'intérieur d'une feuille de papier d'aluminium, insérée dans une petite dalle de caoutchouc isolant, il y avait un mince rectangle de deux centimètres et demi de long. Pour deux mecs qui avaient passé leurs années de formation à dialoguer avec des gros systèmes, c'était incroyable. » Gates dit au vendeur : « Ça fait beaucoup d'argent pour un si petit machin », mais Allen et lui furent favorablement impressionnés, car ils savaient que cette modeste puce contenait le cerveau de tout un ordinateur. « Ces gens n'avaient jamais imaginé que deux mômes entrent dans le magasin pour acheter un 8008, raconte Gates. Et nous, nous avions terriblement peur de casser le truc en le sortant de son papier d'aluminium³⁸. »

Afin d'écrire un programme qui fonctionne sur le 8008, Allen élaborait un moyen d'émuler le microprocesseur sur un gros ordinateur central. Comme il l'expliquerait plus tard, l'émulation du 8008 « reflétait un truisme technologique qui remontait aux théories d'Alan Turing dans les années 1930 : n'importe quel ordinateur pouvait être programmé pour se comporter comme n'importe quel autre ordinateur ». Il y avait une autre leçon à tirer de cette prouesse alchimique, et qui était au cœur de la contribution apportée par Gates et Allen à la révolution informatique : « Le logiciel l'a emporté sur le matériel », résuma Allen³⁹.

Vu leur préférence affichée pour le logiciel, rien d'étonnant à ce que Gates et Allen réussissent à écrire un bon programme pour leur tabulateur de trafic automobile, mais n'aient jamais pu en faire fonctionner correctement les composants matériels, et en particulier le mécanisme censé lire les bandes magnétiques contenant les données de trafic. Un jour où ils croyaient être parvenus à le faire tourner sans problème, un représentant des services techniques de la ville de Seattle se rendit au domicile des Gates pour une démonstration.

Devant le public assis dans le salon, les dieux de la mécanique se vengèrent et le lecteur de bandes ne cessa de tomber en panne. Gates se précipita vers sa mère. « Dis-lui, maman ! implora-t-il. Dis-lui que ça a marché hier soir⁴⁰ ! »

Au printemps 1973, Gates abordait son dernier semestre de terminale quand Allen et lui furent recrutés par la Bonneville Power Administration, qui cherchait dans tous les États-Unis des spécialistes du PDP-10 pour programmer le système de gestion de son réseau électrique. Bill Gates et ses parents parlèrent au proviseur de Lakeside, qui convint que ce travail serait plus éducatif qu'un dernier semestre au lycée. Allen pensait de même à propos de son semestre à l'université d'État du Washington : « C'était l'occasion rêvée de retravailler ensemble sur un PDP-10, et en étant payés pour ! » Ils s'engouffrèrent dans la Mustang cabriolet de Gates et foncèrent plein sud, abattant les deux cent soixante kilomètres entre Seattle et le centre de contrôle de la BPA en moins de deux heures, et louèrent ensemble un appartement bon marché.

Leur lieu de travail était un bunker souterrain au bord de la Columbia, en face de Portland. « Ils avaient cette immense salle des commandes, qui présente mieux que tout ce que j'ai pu voir à la télé », raconte Gates. Allen et lui se lançaient dans des séances de programmation qui duraient douze heures, parfois plus. « Quand Bill se sentait faiblir, il attrapait un bocal de poudre Tang aromatisée orange, s'en mettait dans la paume de la main et la léchait pour un trip au glucose pur, raconte Allen. Ses mains avaient une dominante orange chronique cet été-là. » Parfois, après une orgie de travail de deux jours, ils « faisaient le plein de sommeil », comme disait Gates, en dormant environ dix-huit heures. « On faisait des concours, raconte Gates, pour voir qui pourrait rester dans le bunker trois, quatre jours d'affilée. Des gens un peu plus prudes que les autres nous disaient, "Rentrez chez vous et prenez un bain." On était blindés, on écrivait du code. Voilà⁴¹. »

De temps en temps, Gates marquait une pause pour s'adonner à un ski nautique extrême, avec parfois des départs de type cale sèche depuis un plongeoir, avant de retourner au bunker et de continuer à programmer. Allen et lui s'entendaient bien, sauf quand le style méthodique d'Allen aux échecs triomphait de la démarche agressive et plus casse-cou de Gates. « Un jour que je l'avais battu, il était tellement en colère qu'il a flanqué toutes les pièces par terre, raconte Allen. Après quatre ou cinq parties comme ça, nous avons cessé de

En terminale, Gates présenta sa candidature à trois universités seulement – Harvard, Yale et Princeton –, en adaptant sa démarche à chaque fois. « J'étais né pour la fac », se vantait-il, pleinement conscient de sa capacité à dominer les processus méritocratiques. Pour Yale, il se créa un personnage de politicien en herbe et souligna un stage d'été d'un mois qu'il avait effectué au Congrès. Pour Princeton, il se concentra uniquement sur son désir de devenir informaticien. Et pour Harvard, il dit que les maths étaient sa passion. Il avait aussi envisagé le MIT, mais au dernier moment il rata l'entretien pour jouer au billard électrique. Il fut accepté dans les trois établissements et choisit Harvard⁴³.

« Tu sais, Bill, l'avertit Allen, quand tu seras à Harvard, il va y avoir des gens bien plus calés en maths que toi.

— Il n'en est pas question ! répondit Gates.

— Attends un peu et tu verras », dit Allen⁴⁴.

Bill Gates à Harvard

Quand on demanda à Gates de choisir le type de colocataires qu'il préférerait, il précisa un Afro-Américain et un étudiant étranger. Il fut logé à Wigglesworth Hall, une résidence pour étudiants de première année sur Harvard Yard, avec Sam Znaimer, passionné de science dont les parents étaient des juifs pauvres réfugiés à Montréal, et Jim Jenkins, un étudiant noir originaire de Chattanooga, au Tennessee. Znaimer, qui n'avait encore jamais vu de près un Anglo-Saxon blanc protestant privilégié, trouva Gates très sympathique et ses habitudes de travail insolites et fascinantes : « Il étudiait pendant trente-six heures ou plus d'affilée, s'écroulait sur son lit et dormait une dizaine d'heures, ensuite il sortait s'acheter une pizza et remettait ça. Même si ça impliquait de recommencer à trois heures du matin⁴⁵. » Znaimer s'émerveillait de voir Gates passer plusieurs nuits à remplir les formulaires du gouvernement fédéral et de l'État du Massachusetts pour déclarer les revenus de Traf-O-Data. Quand il travaillait dur, Gates se balançait d'arrière en avant sur sa chaise. Ensuite il réquisitionnait Znaimer pour une frénétique partie de *Pong*, le jeu vidéo d'Atari, dans le bar de la résidence, ou de *Spacewar*, au laboratoire d'informatique de Harvard.

Ce laboratoire portait le nom de Howard Aiken, qui avait inventé le Mark I et l'avait piloté pendant la Seconde Guerre mondiale avec

l'aide de Grace Hopper. Il abritait la machine favorite de Gates : un DEC PDP-10 originellement destiné à un usage militaire au Vietnam, mais réaffecté pour assister la recherche financée par l'armée à Harvard. Afin d'éviter le déclenchement de manifestations pacifistes, il fut introduit clandestinement dans le laboratoire Howard Aiken un dimanche matin de 1969. Il était subventionné par l'Agence pour les projets de recherche avancée du ministère de la Défense (désignée alors par l'acronyme DARPA), mais le tout restait confidentiel, si bien qu'il n'existait pas de directives écrites stipulant qui avait le droit de s'en servir. Il y avait aussi un tas de PDP-1 pour jouer à *Spacewar*. Pour son dossier de première année de licence en informatique, Gates connecta le PDP-10 à un PDP-1 pour créer un jeu vidéo de base-ball. « La logique était sur le PDP-10, explique-t-il, mais je l'ai basculée sur le PDP-1 parce que j'utilisais le même affichage que *Spacewar*, des graphismes au trait comme on n'en voit plus⁴⁶. »

Gates veillait jusqu'à une heure avancée pour écrire les algorithmes qui commandaient le rebond de la balle et l'angle d'approche des défenseurs. « Les projets sur lesquels il a travaillé pour sa première année n'étaient pas commerciaux, confirme Znaimer. Il faisait ça essentiellement par amour de l'informatique⁴⁷. » Le responsable du laboratoire, le professeur Thomas Cheatham, avait une opinion mitigée : « C'était un programmeur hors pair. » Mais il était aussi « chiant » et « un être humain odieux [...] Il rabaisait les gens sans raison valable et, en général, c'était un individu peu fréquentable⁴⁸. »

L'avertissement d'Allen suggérant à Gates qu'il ne serait pas le premier de la classe s'avéra correct. Andy Braiterman, de Baltimore, un étudiant de première année qui habitait à l'étage au-dessus, était meilleur que lui en maths. Ils passaient la nuit à se colleter avec des ensembles de problèmes dans la chambre de Braiterman en se nourrissant de pizzas. « Bill était passionné », raconte Braiterman, et c'était aussi « un interlocuteur convaincant⁴⁹ ». Gates était particulièrement efficace quand il soutenait que tout le monde aurait bientôt un ordinateur à la maison qui pourrait servir à télécharger des livres et d'autres informations. L'année suivante, Braiterman et lui se partagèrent une chambre.

Gates décida de prendre comme matière principale les mathématiques appliquées plutôt que les mathématiques pures, et il réussit à laisser une modeste trace dans ce domaine. Dans un cours enseigné par l'informaticien Harry Lewis, il découvrit un problème classique :

Le cuisinier de notre restaurant est négligent : quand il prépare une pile de crêpes, il n'y en a pas une de la même taille. Alors

quand je les apporte à un client, je les redispose pendant le trajet entre la cuisine et sa table afin que la plus petite se retrouve en haut de la pile, et ainsi de suite, jusqu'à la plus grande tout en dessous. J'en prends donc plusieurs sur le haut de la pile et je les retourne, et je répète l'opération (en faisant varier le nombre de retournements) autant de fois que c'est nécessaire. S'il y a n crêpes, quel est le nombre maximal de retournements (exprimé comme une fonction $f(n)$ de n) que j'aurai à opérer pour les redistribuer ?

La réponse exigeait de trouver un bon algorithme, comme dans tout programme informatique. « J'ai posé la question en cours, raconte Lewis, et je suis passé à autre chose. Un jour ou deux plus tard, ce deuxième année futé entra dans mon bureau et m'explique qu'il a un algorithme à cinq tiers de N . » Autrement dit, Gates avait trouvé une solution avec cinq tiers de retournements par crêpe dans la pile. « Ça impliquait une analyse de cas complexe des configurations possibles pour les premières crêpes du haut de la pile. C'était très astucieux. » Un enseignant auxiliaire qui assistait au cours, Christos Papadimitriou, présenterait plus tard cette solution dans un article conjointement signé par lui et Gates⁵⁰.

Pendant l'été 1974, tandis que Gates se préparait à entamer sa deuxième année, il convainquit Allen de s'installer dans la région de Boston et de prendre un emploi chez Honeywell – précisément celui originellement proposé à Gates. Allen décrocha de l'université du Washington, mit le cap à l'est avec sa Chrysler et pressa Gates de décrocher lui aussi. Sinon, affirmait-il, la révolution informatique allait se faire sans eux. Autour d'une pizza, ils fantasmaient sur la création de leur propre entreprise. « Si tout se passait bien, quelle taille pourrait avoir notre entreprise, à ton avis ? » demanda Allen. Gates répondit : « Je crois qu'on pourrait aller jusqu'à trente-cinq programmeurs⁵¹. » Mais Gates s'inclina devant la pression de ses parents et resta à Harvard, pour le moment, du moins.

Comme de nombreux innovateurs, Gates était un rebelle juste pour la beauté de la chose. Il décida qu'il n'assisterait à aucun des cours auxquels il était inscrit, et qu'il suivrait en auditeur libre uniquement des cours auxquels il n'était pas inscrit. Il se conforma scrupuleusement à cette règle. « Dès ma deuxième année de licence, j'assistais en auditeur libre à des cours qui se déroulaient en même temps que ceux que j'étais censé suivre, pour être sûr de ne jamais me tromper. J'étais donc le parfait réfractaire⁵². »

Il se mit aussi au poker, avec acharnement. Sa variante préférée était le stud à sept cartes en mode *high/low*. On pouvait y gagner ou

perdre mille dollars ou plus par soirée. Gates, dont le quotient d'intelligence surpassait le quotient émotionnel, était plus doué pour calculer les probabilités que pour lire les pensées des autres joueurs. « Bill était un monomane, disait Braiterman. Il se concentrait sur quelque chose et ne lâchait jamais le morceau. » À un moment, il confia son carnet de chèques à Allen afin de s'empêcher de gaspiller encore de l'argent, mais il ne tarda pas à le prier de le lui rendre. « Il prenait des leçons de bluff très onéreuses, raconte Allen. Il gagnait trois cents dollars un soir, il en lâchait six cents le lendemain. Bill a perdu des milliers de dollars cet automne-là, n'empêche qu'il n'arrêtait pas de me dire “Je fais des progrès⁵³”. »

Dans un cours d'économie de niveau troisième cycle, il fit la connaissance d'un étudiant qui habitait au bout du couloir au même étage que lui. Steve Ballmer était très différent de Gates en apparence. Grand, turbulent et sociable, c'était le genre d'activiste étudiant à tous crins qui aimait rejoindre ou diriger de multiples organisations. Il était membre du Hasty Pudding Club, qui écrivait et produisait des comédies musicales, et gérait avec un enthousiasme de *cheerleader* l'équipe de football américain de l'université. Il était à la fois l'éditeur du *Harvard Advocate*, la revue littéraire du campus, et le directeur de la publicité du *Harvard Crimson*, son quotidien. Il rejoignit même l'un des clubs étudiants unisexes en voie de déliquescence et persuada son nouveau meilleur ami Gates de faire de même. « Une expérience bizarre », d'après Gates. Ce qui les réunissait, c'était l'extrême intensité de leur motivation. Ils parlaient, se disputaient et étudiaient ensemble à volume maximal en se balançant chacun sur leur chaise. Ensuite, ils allaient au cinéma ensemble. « Nous sommes allés voir *Chantons sous la pluie* et *Orange mécanique*, dont le seul point commun est une chanson, raconte Gates. Ensuite nous sommes devenus super-bons amis⁵⁴. »

La vie chaotique de Gates à Harvard fut brusquement bouleversée en décembre 1974, au milieu de sa deuxième année de licence, quand Allen débarqua dans sa chambre de la Currier House avec le dernier numéro de *Popular Electronics* qui affichait l'Altair en couverture. Le cri de ralliement d'Allen, « Hé ! ce truc est en train de nous passer sous le nez ! » dégrisa Gates et il embraya sec.

Un basic pour l'Altair

Gates et Allen entreprirent d'écrire des logiciels qui permettraient aux bricoleurs de créer leurs propres programmes sur l'Altair. Plus

précisément, ils décidèrent d'écrire un interpréteur pour le BASIC, le langage de programmation qui tournerait sur le microprocesseur Intel 8080 de cet ordinateur. Il deviendrait le premier langage de programmation commercial natif de haut niveau pour un microprocesseur. Et il lancerait l'industrie du logiciel pour ordinateurs individuels.

Recyclant du vieux papier à lettres à l'en-tête de Traf-O-Data, ils écrivirent à MITS, la toute jeune entreprise d'Albuquerque qui fabriquait l'Altair, et prétendirent avoir créé un interpréteur BASIC pouvant tourner sur le 8080. « Nous aimerions vendre des exemplaires de ce logiciel aux amateurs d'électronique par votre intermédiaire⁵⁵. » Ce n'était pas strictement vrai. Ils n'avaient pas encore écrit la moindre ligne de ce logiciel. Mais ils savaient qu'ils pourraient démarrer sur les chapeaux de roue si MITS était intéressé.

La lettre restant sans réponse, ils décidèrent de téléphoner. Gates suggéra qu'Allen se charge de l'appel, puisqu'il était plus mûr. « Non, c'est toi qui devrais le faire, tu es plus doué que moi pour ce genre de truc », objecta Allen. Ils trouvèrent un compromis : Gates téléphonerait en déguisant sa voix aiguë, mais il se ferait passer pour Paul Allen, parce qu'ils savaient que ce serait Allen qui prendrait l'avion pour Albuquerque si tout marchait bien. « J'avais déjà de la barbe et au moins je ressemblais à un adulte, se souvient Allen, alors que Bill passait encore pour un élève de seconde⁵⁶. »

Quand un Ed Roberts bourru répondit au téléphone, Gates prit une voix grave et dit : « Ici Paul Allen à Boston. Nous avons un BASIC pour l'Altair qui est presque terminé, et nous aimerions venir vous le montrer. » Roberts répliqua qu'il avait déjà reçu beaucoup d'appels de ce genre. La première personne qui passerait le seuil de sa boutique d'Albuquerque avec un BASIC fonctionnel décrocherait le contrat. Un Bill Gates triomphant se tourna vers Allen et dit : « Nom de Dieu, on a intérêt à ne pas traîner sur ce coup-là ! »

Comme ils n'avaient pas d'Altair à leur disposition, Allen fut obligé d'en émuler un sur le PDP-10 de Harvard, reprenant ainsi la tactique adoptée pour construire leur Traf-O-Data. Ils achetèrent donc un manuel pour le microprocesseur 8080 et, en l'espace de quelques semaines, Allen avait préparé l'émulateur et d'autres outils de développement.

Entre-temps, Gates écrivait furieusement le code de l'interpréteur BASIC sur des blocs de papier jaune grand format tels qu'en utilisent les juristes. Lorsqu'Allen eut terminé l'émulateur, Gates avait déjà tracé les grandes lignes de la structure du code et d'une grande partie de son contenu. « Je le vois encore en train de faire les cent pas puis

de se balancer sur sa chaise, et ainsi de suite pendant de longues périodes avant d'écrire sur un bloc jaune, les doigts tachés par un arc-en-ciel de feutres, raconte Allen. Une fois que mon émulateur a été en place et qu'il a pu se servir du PDP-10, Bill s'est installé devant un terminal et s'est mis à se balancer sans quitter des yeux son bloc-notes. Ensuite il tapait une avalanche de code avec sa bizarre position des mains sur le clavier, et il recommençait. Il pouvait continuer comme ça plusieurs heures d'affilée⁵⁷. »

Un soir qu'ils dînaient à Currier House, la résidence universitaire de Gates, attablés avec les autres matheux, ils se mirent à déplorer la tâche fastidieuse qui les attendait : rédiger des sous-programmes de maths en virgule flottante, ce qui permettrait au programme de traiter à la fois des nombres très petits et des nombres très grands, et les décimales en notation scientifique^{*2}. Un petit gars de Milwaukee aux cheveux bouclés nommé Monte Davidoff se risqua à dire : « J'ai déjà écrit ce genre de sous-programmes⁵⁸. » C'était l'un des avantages d'être un *geek* à Harvard. Gates et Allen se mirent à le bombarder de questions sur sa capacité à écrire du code en virgule flottante. Convaincus qu'il savait de quoi il parlait, ils l'accompagnèrent chez Gates et négocièrent une rémunération de quatre cents dollars pour ses services. Il devint le troisième membre de l'équipe et finirait par gagner beaucoup plus.

Gates laissa tomber les révisions qu'il était censé faire pour ses examens et cessa même de jouer au poker. Pendant huit semaines, Gates, Allen et Davidoff, terrés dans le laboratoire Aiken de Harvard, écrivirent l'Histoire sur le PDP-10 subventionné par le ministère de la Défense. De temps en temps, ils s'interrompaient pour aller manger un morceau à la House of Pizza de Harvard ou au restaurant pseudo-polynésien Aku Aku. Au petit matin, Gates s'endormait parfois devant le terminal. « Il était au milieu d'une ligne de code, et il basculait progressivement en avant jusqu'à ce que son nez touche le clavier, raconte Allen. Après un petit somme d'une heure ou deux, il ouvrait les yeux, louchait sur l'écran, clignait des yeux deux fois et repartait à l'endroit précis où il s'était arrêté – une prodigieuse prouesse de concentration. »

Ils écrivaient sans arrêt sur leurs blocs, se lançant de temps en temps des défis pour voir lequel pourrait exécuter un sous-programme dans le minimum de lignes. « Je peux y arriver en neuf lignes ! » criait l'un. Et l'autre lui répondait sur le même ton : « Eh bien moi, j'y arrive en cinq ! » Allen précise : « Nous savions que chaque octet économisé correspondait à autant de place de gagnée pour les applications des utilisateurs. » L'objectif était de faire tenir le programme dans les moins de 4 kilo-octets de mémoire qu'aurait un Altair amélioré, de

façon à ce qu'il reste de la place pour le consommateur. (Un smartphone de 16 giga-octets a quatre millions de fois plus de mémoire.) La nuit, ils étalaient en éventail les listages du programme sur le plancher et cherchaient comment le rendre plus élégant, plus compact et plus efficace⁵⁹.

Fin février 1975, après huit semaines d'une intense programmation, ils arrivèrent à un résultat brillant : un programme réduit à 3,2 kilo-octets. « La question n'était pas de savoir si je pouvais ou non écrire le programme, mais si je pouvais le faire tenir sous la barre des 4 kilo-octets et le rendre super-rapide, raconte Gates. C'était le programme le plus cool que j'aie jamais écrit⁶⁰. » Gates le vérifia une dernière fois puis ordonna au PDP-10 du laboratoire Aiken d'en produire une bande perforée afin qu'Allen puisse l'emporter à Albuquerque.

Pendant le vol, Allen s'aperçut qu'il n'avait pas écrit le chargeur, la séquence d'instructions qui indiquerait à l'Altair comment mettre en mémoire l'interpréteur BASIC. Tandis que l'avion se préparait à atterrir, il s'empara d'un bloc-notes et écrivit vingt et une lignes dans le langage machine employé par le microprocesseur Intel, où chaque ligne était un nombre de trois chiffres en hexadécimal. Il transpirait déjà dans son complet Ultrasuede en polyester marron clair lorsqu'il quitta l'aérogare et se mit à chercher Ed Roberts. Il finit par repérer un colosse joufflu de cent cinquante kilos en jean et cravate-lacet assis au volant d'un pick-up. « Je m'attendais à un de ces cadres ambitieux de l'industrie de pointe comme on en trouve dans les sociétés agglutinées le long de l'autoroute 128, le périphérique high-tech autour de Boston », raconte Allen.

De même, le siège mondial de MITS n'était pas exactement ce à quoi Allen s'attendait. Il était dans un centre commercial linéaire aux loyers modestes, et l'unique Altair doté d'assez de mémoire pour exécuter du BASIC était encore en cours de tests. Ils durent donc remettre au lendemain matin l'essai du programme et se dirigèrent vers « un buffet à trois dollars dans une gargote mexicaine appelée Pancho's où l'on en avait pour son argent et pas plus », raconte Allen. Roberts l'amena au Sheraton local, où le réceptionniste informa Allen que sa chambre lui coûterait cinquante dollars. C'était dix dollars de plus que ce qu'il avait sur lui, si bien qu'après un regard gêné Roberts fut obligé de payer la chambre. « Je crois qu'il ne s'attendait pas à ça lui non plus », dit Allen⁶¹.

Le lendemain matin, Allen retourna chez MITS pour le test décisif. Le chargement du code pour l'interpréteur BASIC que Gates et lui avaient écrit prit presque dix minutes. Roberts et ses collègues échangèrent des regards amusés, se doutant déjà que la présentation

serait un fiasco. C'est alors que le téléscripteur crépita. « MEMORY SIZE ? » demanda-t-il. « Hé ! la machine a écrit quelque chose ! » cria l'un des membres de l'équipe de MITS. Allen était agréablement sidéré. Il tapa la réponse : 7168. L'Altair accusa réception : « O.K. » Allen tapa « PRINT 2 + 2 ». C'était la plus simple des commandes, mais elle testerait non seulement la programmation de Gates, mais aussi les sous-programmes de maths en virgule flottante de Davidoff. L'Altair répondit : « 4. »

Jusque-là, Roberts avait regardé la scène sans mot dire. Il avait entraîné sa société chancelante encore plus loin dans les dettes dans le fol espoir de pouvoir créer un ordinateur de prix abordable qu'un électronicien amateur pourrait utiliser. À présent il regardait l'Histoire en marche. Pour la première fois, un programme logiciel avait tourné sur un ordinateur de salon. « Oh, mon Dieu ! s'écria-t-il. Il a imprimé "462" ! »

Roberts invita Allen dans son bureau et accepta une licence d'exploitation de l'interpréteur BASIC qui serait intégré à tous les exemplaires de l'Altair. « Je n'arrivais pas à m'arrêter de sourire », avoue Allen. Quand il rentra à Cambridge avec un Altair fonctionnel qu'ils installeraient dans la chambre de Gates, ils sortirent arroser ça. Gates choisit son cocktail habituel : un Shirley Temple – un soda au gingembre avec du sirop de marasquin et une cerise confite⁶³.

Un mois plus tard, Roberts proposa à Allen le poste de directeur du logiciel chez MITS. Ses collègues de chez Honeywell trouvèrent qu'il serait bien fou d'accepter : « Tu as un boulot sûr chez Honeywell. Tu peux travailler ici pendant des années. » Mais la sûreté de l'emploi n'était pas un idéal adopté par les gens impatientes de conduire la révolution informatique. Au printemps 1975, Allen déménagea donc pour Albuquerque, ville dont il avait récemment appris qu'elle n'était pas en Arizona.

Gates décida de rester momentanément à Harvard. C'est là qu'il subit ce qui est devenu un rite de passage, amusant seulement avec le recul, pour beaucoup de ses étudiants les plus brillants : être convoqué devant le très discret Conseil d'administration pour une procédure disciplinaire dite « Ad Boarding » (par référence à *Administration Board*). Gates attira l'attention sur sa personne lorsque des auditeurs du ministère de la Défense décidèrent de vérifier l'utilisation du PDP-10 qu'il subventionnait au laboratoire Aiken de Harvard. Ils découvrirent qu'un étudiant de deuxième année de licence, W. H. Gates, en était le principal utilisateur. Très inquiet, Gates prépara pour sa défense un mémoire où il décrivait comment il avait créé une version du BASIC en se servant du PDP-10 comme émulateur.

Finalement, il ne fut pas sanctionné pour son usage de la machine, mais « réprimandé » pour avoir autorisé un non-étudiant, Paul Allen, à se connecter avec son mot de passe. Gates ne contesta pas cette remontrance mineure et accepta de mettre sa première version de l'interpréteur BASIC (mais pas la version améliorée qu'Allen et lui étaient en train de préparer) dans le domaine public⁶⁴.

À ce moment-là, Gates se concentrait déjà plus sur son partenariat avec Allen que sur ses études à Harvard. Il termina sa deuxième année au printemps 1975, puis prit l'avion pour Albuquerque. À la fin de l'été, il décida d'y rester au lieu de regagner le campus pour le premier semestre de sa troisième année. Il retourna à Harvard pour deux semestres de plus, au printemps et en automne 1976, mais quitta alors l'université pour de bon alors qu'il lui restait encore deux semestres avant la licence. En juin 2007, lorsqu'il retourna à Harvard pour recevoir un diplôme honorifique, il commença son allocution par un aparté adressé à son père présent dans le public : « J'ai attendu plus de trente ans pour te dire ça : papa, je t'ai toujours dit que je reviendrais et que j'aurais mon diplôme⁶⁵. »

Micro-Soft

Lorsque Gates arriva à Albuquerque pendant l'été 1975, Allen et lui fournissaient toujours le BASIC de l'Altair sur la base d'un accord tacite avec Ed Roberts. Gates insista pour avoir un accord formel et, après avoir pas mal marchandé, accepta de conférer la licence à MITS pour une période de dix ans, pendant laquelle le logiciel serait intégré à chaque Altair pour trente dollars de droits par exemplaire. Gates réussit à arracher deux clauses qui auraient une signification historique. Il insista pour qu'Allen et lui-même conservent la propriété du logiciel, MITS n'ayant que le droit de l'exploiter sous licence. Il exigea aussi que MITS fasse « tout son possible » pour imposer une sous-licence d'exploitation du logiciel à d'autres fabricants d'ordinateurs, dont il partagerait les bénéfices avec Gates et Allen. Ce qui instituait un précédent pour le marché que Gates conclurait six ans plus tard avec IBM : « Nous avons pu nous assurer ainsi que notre logiciel fonctionne sur de nombreux types de machines. C'est ce qui nous a permis – à nous et pas aux fabricants de matériel – de définir le marché⁶⁶. »

Maintenant, il leur fallait un nom. Ils en essayèrent quelques-uns, dont « Allen & Gates », qui ressemblait décidément trop à un cabinet d'avocats. Ils finirent par choisir un nom qui n'était ni particulièrement excitant ni évocateur, mais traduisait bien le fait qu'ils écrivaient des logiciels pour des micro-ordinateurs. Dans les

documents finaux relatifs à l'accord avec MITS, ils se désignèrent comme « Paul Allen et Bill Gates en affaires sous le nom de Micro-Soft ». Une ligne de signature apparaissait dans le code source qui était alors leur seul produit : « BASIC Micro-Soft : Paul Allen a écrit la partie conception. Bill Gates a écrit la partie exécution. Monte Davidoff a écrit la partie maths. » Deux ans plus tard, le nom était simplifié en Microsoft.

Après avoir campé quelque temps au Sundowner Motel sur une allée commerciale de l'autoroute 66 plus connue pour ses prostituées que pour ses programmeurs, Gates et Allen emménagèrent dans un appartement meublé bon marché. Monte Davidoff, l'homme de la virgule flottante, et Chris Larson, un étudiant plus jeune et ancien élève de Lakeside, vinrent les rejoindre, transformant l'appartement en un local de corpo étudiante fonctionnant comme un bunker pour *geeks*. Le soir, Allen branchait sa Fender Stratocaster et jouait sur les disques d'Aerosmith ou de Jimi Hendrix ; Gates ripostait en braillant le *My Way* de Frank Sinatra⁶⁷.

Gates était le meilleur exemple de l'innovateur : « Un innovateur est probablement un fanatique, quelqu'un qui aime ce qu'il fait, qui travaille jour et nuit, qui ignore peut-être la réalité jusqu'à un certain point et risque par conséquent de passer pour un peu déséquilibré, dirait-il en 2009. J'ai certainement correspondu à ce modèle quand j'étais adolescent et avant la trentaine⁶⁸. » Il travaillait sans s'arrêter, comme il l'avait fait à Harvard, parfois jusqu'à trente-six heures d'affilée, avant de s'écrouler sur le plancher de son bureau et de s'endormir. D'après Allen, « il vivait sur un mode binaire. Soit il débordait d'énergie nerveuse, dopé par sa dizaine de Coca-Cola quotidiens, soit il était complètement coupé du monde, mort pour ainsi dire. »

Gates était aussi un rebelle qui ne respectait guère l'autorité – encore une caractéristique des innovateurs. Auprès de gens comme Ed Roberts, ancien officier de l'armée de l'air dont les cinq fils lui disaient « Monsieur », il passait pour un morveux. « C'était un enfant gâté au sens propre du terme, c'était là tout le problème », dirait plus tard Roberts. La réalité était toutefois plus complexe. Gates travaillait dur et vivait frugalement de ses maigres revenus d'alors, mais il ne croyait pas à la valeur du respect. Gates le gringalet affrontait sur un pied d'égalité le colosse Roberts avec son mètre quatre-vingts et se lançait dans des disputes si violentes que, d'après les souvenirs d'Allen, « on les entendait gueuler d'un bout à l'autre de l'usine, un vrai spectacle ! »

Allen présumait que son partenariat avec Gates se ferait sur une

base de 50/50. Ils formaient une équipe depuis toujours, et il semblait inutile de se battre encore pour savoir qui en avait fait plus l'autre. Mais depuis leur querelle à propos du programme de comptabilité au temps du lycée, Gates n'avait cessé d'insister pour prendre les commandes. « C'est injuste que tu reçoives la moitié des bénéfices, dit-il à Allen. Tu avais ton salaire chez MITS tandis que moi à Boston j'ai fait presque tout le boulot sur le BASIC à l'œil. Je devrais avoir plus. Je crois que ça devrait être soixante pour cent. » Que Gates ait raison ou non, c'était dans sa nature d'insister sur ces détails, et c'était l'inverse chez Allen. Allen fut déconcerté, mais il accepta. Pis encore, Gates insista pour réviser les pourcentages deux ans plus tard. « J'ai fait la plus grande partie du travail sur le BASIC et je me suis privé de tas de choses en quittant Harvard, dit-il à Allen pendant une promenade. Je mérite plus que soixante pour cent. » Sa nouvelle exigence était soixante-quatre pour cent pour lui, trente-six pour Allen. Allen était furieux : « L'incident a exposé les différences entre le fils d'un bibliothécaire et le fils d'un avocat. On m'avait appris qu'un accord était un accord et que notre parole nous engageait. Bill était plus flexible. » Néanmoins, Allen céda, une fois de plus⁶⁹.

Au crédit de Gates, il faut souligner que c'était déjà lui qui dirigeait en réalité la jeune entreprise. Non seulement il écrivait une bonne partie du logiciel, mais il était aussi responsable des ventes et téléphonait en général lui-même aux clients. Il échangeait pendant des heures des idées sur la stratégie commerciale avec Allen, mais c'était lui qui décidait en fin de compte quelles versions du Fortran, du BASIC ou du COBOL seraient développées. Il était également chargé des marchés passés avec les fabricants de matériel, et il était encore plus dur dans les négociations avec eux qu'il l'avait été avec Allen. En plus, il était responsable du personnel, ce qui impliquait de recruter, de licencier, et de dire aux gens avec des mots d'une syllabe que leur travail ne valait rien, ce qu'Allen ne ferait jamais. Il avait la crédibilité nécessaire ; quand il y avait des concours au bureau pour voir qui pourrait écrire un programme avec le moins de lignes de code possible, c'était en général Gates qui gagnait.

Allen arrivait parfois en retard et osait même croire qu'il était licite de quitter le travail à temps pour le dîner. Mais pas Gates et sa garde rapprochée. « Ça bossait dur, raconte-t-il. Moi-même et un petit groupe avions l'habitude de travailler jusqu'à tard dans la nuit. Et parfois je passais toute la nuit sur place, ensuite je dormais dans mon bureau et ma secrétaire me réveillait si nous avions une réunion⁷⁰. »

Né avec le gène du risque, Gates se défoulait tard dans la nuit en roulant à une vitesse terrifiante sur les routes de montagne qui menaient à une cimenterie abandonnée. « Je me suis parfois demandé

pourquoi Bill roulait si vite, raconte Allen. J'ai conclu que c'était sa manière à lui de décompresser. Il était tellement remonté à bloc par notre travail qu'il avait besoin d'un moyen de ne plus penser au boulot et au code pendant un moment. Son style de conduite casse-cou n'était pas très loin du poker ou du ski nautique pratiqué comme sport extrême. » Quand ils eurent gagné un peu d'argent, Gates en claqua une partie sur une Porsche 911 verte qu'il poussait dans ses derniers retranchements sur l'autoroute après minuit. Une fois, il se plaignit auprès du concessionnaire local que la vitesse maximale de la voiture était donnée pour 201 kilomètres-heure, mais qu'il n'arrivait pas dépasser les 195. Une nuit, il fut pris en flagrant délit d'excès de vitesse et se disputa avec le policier qui lui demandait pourquoi il n'avait pas de permis sur lui. Il fut jeté en prison. « J'ai été arrêté », dit-il quand Allen décrocha le téléphone. Il fut relâché quelques heures plus tard, mais la photo d'identité judiciaire prise cette nuit-là deviendrait une icône mémorable de l'histoire *geek*⁷¹.

Sa détermination farouche se révéla payante. Elle permit à Microsoft de tenir des délais apparemment impossibles dans l'élaboration des logiciels, de devancer ses concurrents sur le marché à chaque nouveau produit, et d'exiger un prix si modeste que les fabricants d'ordinateurs songeaient rarement à écrire ou à contrôler leurs propres logiciels.

Le logiciel veut être libre (et gratuit)

En juin 1975, le mois où Gates s'installa à Albuquerque, Ed Roberts décida d'envoyer l'Altair sur les routes comme une attraction de fête foraine. Son objectif était de répandre la bonne parole sur les merveilles de l'Altair et de créer des fan-clubs d'un bout à l'autre de l'Amérique. Il aménagea un minibus Dodge, le baptisa « MITS Mobile » et partit pour une tournée couvrant soixante localités en remontant la côte californienne, puis redescendit vers le sud-est des États-Unis, avec des étapes dans des points chauds comme Little Rock, Baton Rouge, Macon, Huntsville et Knoxville.

Gates, qui l'accompagna sur une partie du trajet, trouva que c'était une bonne technique de marketing : « Ils ont acheté ce gros bus bleu, ils ont fait le tour du pays en créant des clubs d'informatique partout où ils passaient⁷². » Il assista aux présentations au Texas, puis Allen les rejoignit quand ils arrivèrent en Alabama. À l'Holiday Inn de Huntsville, soixante personnes, mélange de bidouilleurs hippies et d'ingénieurs à coupe en brosse, payèrent dix dollars, soit environ quatre fois le prix d'une séance de cinéma à l'époque, pour voir le spectacle. La présentation dura trois heures. À la fin d'un jeu vidéo de

type alunissage, des sceptiques regardèrent sous la table, croyant y trouver des câbles reliant discrètement l'Altair à un mini-ordinateur plus puissant. « Mais une fois qu'ils ont vu que ce n'était pas truqué, raconte Allen, les ingénieurs en titubaient presque d'enthousiasme⁷³. »

Le 5 juin, ils étaient au Rickey's Hyatt House de Palo Alto. C'est là que se produisit une rencontre décisive quand le Microsoft BASIC fut présenté à un groupe d'électroniciens amateurs, donc beaucoup étaient membres du Homebrew Computer Club récemment fondé. D'après le bulletin du Club, « la salle était bondée, pleine d'amateurs et d'expérimentateurs impatients de découvrir ce nouveau jouet électronique⁷⁴. » Or certains étaient impatients d'appliquer le credo des hackers voulant que les logiciels soient gratuits. Ce n'était pas surprenant, vu les attitudes sociales et culturelles, si différentes du zèle entrepreneurial d'Albuquerque, qui avaient convergé au début des années 1970 pour conduire à la fondation du Homebrew Club.

Un grand nombre de membres du Club venus voir le MITS Mobile avaient déjà monté leur Altair et attendaient impatiemment de pouvoir profiter du programme en BASIC qu'avaient rédigé Gates et Allen. Certains avaient déjà envoyé des chèques à MITS dans cet espoir. Aussi furent-ils ravis de constater qu'une version de ce BASIC tournait sur l'Altair en démonstration. Cédant à l'idéologie hacker, l'un des membres du Club, Dan Sokol, « emprunta » la bande de papier perforé contenant le programme et se servit d'un PDP-11 pour en faire des copies⁷⁵. Lors de la réunion suivante du Homebrew Club, il y avait un carton rempli de dizaines de bandes de BASIC à la disposition des membres^{*3}. Il était stipulé que chacun devait faire quelques copies pour remplir à nouveau le carton communautaire. « N'oubliez pas de rapporter plus de copies que vous n'en avez pris », plaisanta Lee Felsenstein. C'était sa définition personnelle, transformée en slogan, du partage des logiciels⁷⁶. C'est ainsi que le BASIC Microsoft se répandit librement (et gratuitement).

Ce qui déchaîna, on s'en doute, la colère de Gates. Avec tout le tact d'un garçon de dix-neuf ans, il écrivit une lettre ouverte passionnée qui servit de coup de semonce dans la guerre relative à la protection de la propriété intellectuelle à l'ère de l'ordinateur individuel :

Lettre ouverte aux amateurs...

Il y a presque un an, Paul Allen et moi-même, nous attendant à l'expansion du marché amateur, avons recruté

Monte Davidoff et développé l'Altair BASIC. Bien que le travail initial ait pris deux mois seulement, nous avons tous les trois passé la plus grande partie de l'année dernière à documenter et améliorer ce BASIC, et à lui ajouter des fonctionnalités. Nous avons maintenant un BASIC 4 kilo-octets, un BASIC 8 kilo-octets, un BASIC étendu, un ROM BASIC et un DISK BASIC. La valeur des heures d'ordinateur que nous avons utilisées excède les quarante mille dollars.

Le retour que nous avons eu de la part des centaines de personnes qui disent utiliser ce BASIC a été unanimement positif. Toutefois, deux faits surprenants sont apparus : 1) La plupart de ces « utilisateurs » n'ont jamais acheté le BASIC (moins de dix pour cent de tous les possesseurs d'Altair ont acheté le BASIC) et 2) Le montant des droits d'auteur que nous avons reçus à partir des ventes aux amateurs réduit la rémunération au temps passé sur l'Altair BASIC à moins de deux dollars l'heure.

Pourquoi en est-il ainsi ? Comme la majorité des amateurs doivent en être conscients, la plupart d'entre vous utilisent des logiciels volés. Le matériel, il faut le payer, mais le logiciel est quelque chose qu'on partage. Peu importe que les gens qui ont travaillé dessus soient rémunérés ou non. Est-ce juste ? Une chose que vous ne ferez pas en utilisant des logiciels volés, c'est de vous adresser à MITS si vous avez un problème [...] Une chose que vous ferez certainement, en revanche, c'est d'empêcher l'élaboration de bons logiciels. Qui peut se permettre de faire un travail professionnel pour rien ? Quel électronicien amateur peut investir l'équivalent du travail de trois personnes en un an dans l'écriture d'un logiciel, la détection et correction de toutes les erreurs, la documentation du produit et ensuite le diffuser gratuitement ? En fait, personne à part nous n'a investi beaucoup d'argent dans des logiciels pour

amateurs. Nous avons écrit le 6800 BASIC et nous écrivons actuellement le 8080 APL et le 6800 APL, mais nous sommes très peu tentés de mettre ces logiciels à la disposition des amateurs. Soyons francs : ce que vous faites, c'est du vol [...]

Il me serait agréable de recevoir des lettres de la part de quiconque voudrait payer son dû, ou aurait une suggestion ou un commentaire à faire. M'écrire à l'adresse suivante : 1180 Alvaro SE, #114, Albuquerque, New Mexico 87108. Rien ne me ferait plus plaisir que de pouvoir recruter dix programmeurs et d'inonder de bons logiciels le marché amateur.

Bill Gates

Associé gérant, Micro-Soft

La lettre fut publiée dans le bulletin du Homebrew Computer Club, et aussi dans les *Computer Notes* du groupe des utilisateurs d'Altair et dans la *People's Computer Company*⁷⁷. Elle déclencha un tollé frénétique. « J'en ai pris plein la gueule », avoua Gates. Sur les trois cents lettres qu'il avait reçues, seules trois contenaient des paiements spontanés. Presque toutes les autres l'accablaient d'injures⁷⁸.

En principe, Gates avait raison. La création de logiciels avait tout autant de valeur que la création de matériels. Les créateurs de logiciels méritaient une rémunération. Sinon, plus personne n'écrirait de logiciels. En résistant à la culture hacker pour laquelle tout ce qui pouvait être copié devait être gratuit, Gates contribua à assurer la croissance de la nouvelle industrie.

Il y avait quand même une certaine audace dans cette lettre. Gates était après tout un voleur en série d'heures-machine, et il avait manipulé des mots de passe pour pirater des comptes depuis la quatrième au collège jusqu'à sa deuxième année de licence à Harvard. Et, de fait, lorsqu'il prétendait dans sa lettre qu'Allen et lui avaient utilisé pour plus de quarante mille dollars d'heures-machine pour créer leur BASIC, il oubliait de préciser qu'il n'avait en réalité jamais payé ces heures-machine, et qu'il en avait utilisé une grande partie sur un ordinateur de Harvard fourni par l'armée et financé par les

contribuables américains. Le rédacteur en chef d'un bulletin pour amateurs écrivit : « Il circule depuis quelque temps dans la communauté des informaticiens amateurs des rumeurs selon lesquelles le développement du BASIC auquel fait allusion la lettre de Bill Gates aurait été effectué sur un ordinateur de l'université Harvard fourni, au moins en partie, sur des fonds gouvernementaux et qu'il y aurait des doutes sur la moralité voire la légalité de la vente des résultats⁷⁹. »

En outre, bien que Gates n'en ait pas pris la juste mesure à l'époque, le piratage largement répandu du Microsoft BASIC finirait par influencer positivement le développement de sa jeune entreprise. En se répandant aussi rapidement, le Microsoft BASIC devint un standard, et d'autres fabricants d'ordinateurs furent obligés de l'exploiter sous licence. Lorsque, par exemple, National Semiconductor mit sur le marché un nouveau processeur, il avait besoin d'un BASIC et décida de prendre celui de Microsoft parce que tout le monde l'utilisait. « Nous avons fait de Microsoft un standard, disait Felsenstein, et pour nous remercier Microsoft nous a traité de voleurs⁸⁰. »

Fin 1978, Gates et Allen quittèrent Albuquerque pour rapatrier leur société dans la région de Seattle. Juste avant le départ, l'un des douze membres de l'équipe gagna une séance de portrait gratuite chez un photographe local ; ils posèrent donc pour ce qui deviendrait un cliché historique, où Allen et la plupart des autres ressemblaient à des réfugiés échappés d'une communauté hippie, et Gates, au premier plan, à un jeune scout. En remontant la côte californienne en voiture, il écopa de trois contraventions pour excès de vitesse, dont deux dressées par le même motard⁸¹.

Apple

Parmi les gens présents dans le garage de Gordon French lors de la première réunion du Homebrew Computer Club se trouvait Steve Wozniak, un jeune ingénieur matériel pas très bien dans sa peau qui avait décroché de l'université et travaillait à la division des calculatrices chez Hewlett-Packard, à Cupertino, dans Silicon Valley. Un ami lui avait montré le tract « Vous construisez votre propre ordinateur ? » et Wozniak avait pris son courage à deux mains pour assister à la réunion. « Cette soirée se révéla être l'une des plus importantes de ma vie », dirait-il plus tard⁸².

Le père de Wozniak était un ingénieur de chez Lockheed qui adorait expliquer l'électronique. « L'un de mes souvenirs les plus anciens, c'est quand il m'a amené sur son lieu de travail un week-end et m'a montré quelques composants électroniques, qu'il a posés sur une table avec

moi pour que je joue avec », raconte Wozniak. Il y avait toujours des transistors et des résistances surnuméraires qui traînaient dans la maison, et quand Steve demandait « C'est quoi, ça ? », son père commençait à partir de zéro et lui expliquait le comportement des électrons et protons. « De temps en temps, il sortait un tableau noir, et il répondait à n'importe quelle question et faisait les schémas correspondants. Il m'a appris comment bricoler une porte *ET* et une porte *OU* à partir des composants qu'il avait – des diodes et des résistances. Et il m'a expliqué qu'elles avaient besoin d'un transistor entre elles pour amplifier le signal et connecter la sortie d'une porte à l'entrée d'une autre. Jusqu'à maintenant, c'est comme ça que fonctionnent tous les dispositifs numériques de la planète à leur niveau le plus basique. » C'était un exemple frappant de l'empreinte qu'un parent peut laisser chez un enfant, surtout à l'époque bénie où les parents savaient comment fonctionnaient les postes de radio et pouvaient montrer à leurs enfants comment tester les lampes radio et remplacer celle qui avait grillé.

Wozniak construisit un poste à galène avec des pièces d'un *cent* qu'il avait économisées quand il avait sept ans, un système d'interphone reliant plusieurs maisons pour les gosses de son quartier quand il en avait onze, et un poste de radio à ondes courtes Hallicrafters quand il en eut treize (son père et lui obtinrent leur licence de radioamateur ensemble) ; plus tard, la même année, il apprit lui-même comment appliquer l'algèbre de Boole à un schéma de circuit électronique et en faire la démonstration avec une machine qui ne perdait jamais au morpion.

Quand il entra au lycée, Wozniak utilisait déjà ses talents de sorcier de l'électronique pour faire des farces. Par exemple, il relia un métronome à des piles dénudées pour simuler une bombe à retardement. Lorsque le directeur découvrit l'engin qui tictaquait dans un casier de vestiaire, il se hâta de l'emporter dans la cour loin des élèves et appela les démineurs. Wozniak fut obligé de passer une nuit à la prison locale. Il montra à ses compagnons de cellule comment déconnecter les fils du ventilateur de plafond et les mettre en contact avec les barreaux pour donner une décharge au gardien quand il viendrait ouvrir la porte. Bien qu'il ait appris à programmer correctement, il était viscéralement un ingénieur matériel, contrairement à des virtuoses du logiciel comme Gates. Un jour il construisit une sorte de roulette où les joueurs mettaient leurs doigts dans des fentes ; le « gagnant » recevait une décharge quand la bille s'arrêtait sur son numéro. « Les mecs du hardware y jouent, pas les mecs du soft, ils ont toujours les jetons », disait-il.

Comme d'autres, il combinait l'amour de la technologie avec un

look hippie, sans toutefois adopter complètement le mode de vie de la contre-culture : « J'avais les cheveux longs, un bandeau indien, et je m'étais laissé pousser la barbe. En haut, j'avais la tête de Jésus-Christ, mais plus bas je m'habillais encore comme un gosse normal, un ingénieur en herbe : un vrai pantalon, une chemise avec un col. Je n'ai jamais eu de fringues hippies extravagantes. »

Pour s'amuser, il étudiait les manuels des ordinateurs de bureau fabriqués par Hewlett-Packard et DEC puis essayait de refaire le schéma des machines en utilisant moins de puces. « Je ne sais vraiment pas pourquoi c'est devenu le passe-temps de toute ma vie, avouerait-il. Je faisais ça tout seul dans ma chambre, la porte fermée. C'était une sorte de violon d'Ingres secret. » Ce n'était pas le genre d'activité à faire de lui un boute-en-train, et il devint donc une sorte de solitaire, mais son talent d'économiseur de puces lui servit quand il décida de construire son propre ordinateur. Il y arriva avec vingt puces seulement, au lieu des centaines qui se rencontraient dans la plupart des vrais ordinateurs. Un copain qui habitait au bout de la rue vint l'aider pour les soudures, et comme ils carburèrent au soda mousse Cragmont, le résultat s'appela le *Cream Soda Computer*. Pas d'écran ni de clavier : les instructions étaient introduites via des cartes perforées et les réponses données par des diodes clignotant sur la face avant.

Cet ami présenta Wozniak à un lycéen qui habitait à quelques blocs de là et partageait leur intérêt pour l'électronique. Ce Steve Jobs avait presque cinq ans de moins qu'eux et était encore à la Homestead High School, que Wozniak avait fréquentée. Assis sur le trottoir, ils échangeaient des histoires sur les canulars qu'ils avaient réussis, les chansons de Bob Dylan qu'ils aimaient et les montages électroniques qu'ils avaient réalisés. « Comme d'habitude, j'avais vraiment du mal à expliquer aux gens le genre de schémas que je concevais, mais Steve a pigé tout de suite, raconte Wozniak. Il m'a plu. Il était plutôt maigrichon et nerveux, et plein d'énergie. » Jobs avait été impressionné lui aussi. « Woz était la première personne que j'aie rencontrée qui s'y connaisse plus en électronique que moi », dirait-il plus tard en exagérant un peu ses propres compétences.

Leur aventure la plus remarquable, qui jeta les bases de leur futur partenariat informatique, impliqua ce qu'on appela la Blue Box. En automne 1971, Wozniak lut un article dans *Esquire* décrivant comment des « *phone phreaks* » – des pirates du téléphone – avaient créé un dispositif qui imitait exactement les bips de tonalité pour tromper le système téléphonique Bell à fréquence vocale et passer gratuitement des appels longue distance. Avant même d'avoir fini de lire l'article, il appela Jobs, qui commençait tout juste sa terminale à Homestead

High, et lui en lut quelques passages. C'était un dimanche, mais ils savaient comment entrer en douce dans une bibliothèque de Stanford qui aurait peut-être le *Bell System Technical Journal*, dont l'article d'*Esquire* disait qu'il indiquait toutes les fréquences pour les tonalités. Après avoir fouillé les rayons, Wozniak trouva finalement le *BSTJ*. « J'en tremblais presque, avec la chair de poule et tout le reste, raconte-t-il. C'était vraiment un moment Euréka. » Ils firent un saut chez Sunnyvale Electronics pour acheter les composants dont ils avaient besoin, les soudèrent puis testèrent le montage avec un fréquencemètre que Jobs avait construit comme projet de travaux pratiques au lycée. Mais leur Blue Box était un matériel analogique, et ils n'arrivaient pas à lui faire produire des tonalités qui soient assez précises et assez constantes.

Wozniak se rendit compte qu'il lui faudrait en construire une version numérique utilisant un circuit à transistors. Cet automne-là était l'un des rares semestres où il retournait à l'université, à Berkeley en l'occurrence. Aidé par un étudiant en musique de sa résidence, il réussit à construire l'appareil juste avant Thanksgiving. « Je n'ai jamais conçu de circuit dont je sois plus fier, dirait-il plus tard. Je pense toujours que c'était un truc incroyable. » Ils le testèrent en appelant le Vatican ; Wozniak prétendit être Henry Kissinger qui avait besoin de parler au pape ; il fallut un certain temps aux fonctionnaires du Saint-Siège pour finalement se rendre compte de la supercherie avant qu'ils ne réveillent le pontife.

Wozniak avait conçu un ingénieux gadget, mais en s'associant avec Jobs il réussit à faire bien plus : créer une entreprise commerciale. « Et si on vendait ces machins ? » suggéra un jour Jobs. C'était un schéma qui conduirait à l'un des partenariats les plus documentés de l'ère numérique, au même niveau que Paul Allen et Bill Gates ou Robert Noyce et Gordon Moore. Wozniak réussissait une astucieuse prouesse d'ingénierie, et Jobs trouvait le moyen de l'améliorer, de lui fabriquer une image de marque et de la vendre avec une marge confortable. « Je me suis procuré le reste des pièces, comme le boîtier, l'alimentation et le clavier, et j'ai cherché quel prix nous pourrions en tirer », raconte Jobs à propos de la Blue Box. En investissant pour quarante dollars de matériel dans chaque Blue Box, ils en produisirent une centaine qu'ils vendirent cent cinquante dollars pièce. L'aventure se termina lorsqu'ils furent dévalisés sous la menace d'une arme de poing en essayant de placer une Box dans une pizzeria, mais elle sema les germes qui produiraient la future société. « S'il n'y avait pas eu de Blue Box, il n'y aurait pas eu d'Apple, dirait plus tard Jobs. Woz et moi avons appris à travailler ensemble. » Et Wozniak confirme : « Ça nous a donné un avant-goût de ce que nous pourrions accomplir avec mes aptitudes

d'ingénieur et sa vision à lui. »

Jobs passa l'année suivante à fréquenter irrégulièrement Reed College puis à rechercher l'enrichissement spirituel dans un pèlerinage en Inde. Lorsqu'il rentra à l'automne 1974, il alla travailler chez Atari sous la direction de Nolan Bushnell et Al Alcorn. Atari, qui surfait alors sur le succès de *Pong*, recrutait à tout va. « Amusez-vous et gagnez de l'argent », proclamait l'une des annonces placées par la société dans le *San Jose Mercury*. Jobs se présenta habillé en hippie et déclara qu'il ne quitterait pas le hall d'accueil tant qu'il ne serait pas engagé. Pressé par Alcorn, Bushnell décida de lui donner sa chance. C'est ainsi que le flambeau passa de l'entrepreneur le plus créatif en matière de jeux vidéo à l'homme qui deviendrait l'entrepreneur le plus créatif en matière d'ordinateurs individuels.

Malgré sa sensibilité zen fraîchement acquise, Jobs avait tendance à informer ses collègues de travail qu'ils étaient des « petites merdes » dont les idées étaient nulles. Or il réussissait on ne sait comment à captiver et à inspirer. Il portait parfois une robe safran, allait pieds nus, et croyait que son régime strict exclusivement à base de fruits et de légumes signifiait qu'il n'avait pas besoin d'utiliser de déodorant ou de prendre des douches. Comme le raconte Bushnell, « ça, c'était une théorie erronée ». Il affecta donc Jobs à l'équipe de nuit, quand il n'y avait presque personne dans les locaux. « Steve était difficile à vivre, mais je l'aimais bien quand même. Alors je lui ai demandé de passer en équipe de nuit. C'était un moyen de le sauver. »

Jobs dirait plus tard qu'il avait appris des leçons importantes chez Atari, la plus durable étant que les interfaces devaient rester simples et intuitives. Les instructions devaient être d'une simplicité folle, du style « Insérez votre pièce, évitez les Klingons ». Les appareils devaient pouvoir s'utiliser sans manuels. « Cette simplicité a déteint sur lui et a fait de lui un collaborateur très concentré sur le produit », déclare Ron Wayne, qui travailla avec Jobs chez Atari. En outre, Bushnell réussit à former Jobs et à le transformer en un entrepreneur. « Il y a quelque chose d'indéfinissable chez un entrepreneur, et ça, je l'ai vu chez Steve, raconte Bushnell. Il ne s'intéressait pas seulement à l'aspect technique, mais aussi à l'aspect commercial. Je lui ai enseigné que si on se comporte comme si on savait faire quelque chose, alors ça marche. Je lui ai dit : "Fais comme si tu maîtrisais complètement la situation, et les gens supposeront que c'est le cas." »

Wozniak aimait passer chez Atari presque tous les soirs, après avoir fini son travail chez Hewlett-Packard, pour traîner avec Jobs et s'adonner au jeu vidéo de course automobile *Gran Trak 10* qu'Atari

avait finalement développé. « Le meilleur jeu que j'aie jamais pratiqué », disait-il. Dans son temps libre, il bricola une version de *Pong* avec laquelle il jouait sur son téléviseur. Il réussit à la reprogrammer pour cracher les jurons *Hell !* ou *Damn !* chaque fois qu'un joueur ratait la balle. Une nuit, il le montra à Alcorn, qui eut alors une idée géniale : il chargea Jobs d'élaborer une version à un seul joueur de *Pong*, qui s'appellerait *Breakout* et dans laquelle l'utilisateur pourrait lancer la balle contre un mur de briques et gagner des points à chaque brique délogée. Alcorn présuma – correctement – que Jobs persuaderait Wozniak de se charger de l'élaboration du circuit. Jobs n'était pas un ingénieur extraordinaire, mais il excellait à faire travailler les autres. « Je voyais ça comme une sorte d'exploitation assumée, explique Bushnell. Des deux, Woz était le meilleur ingénieur. » C'était aussi un sympathique et naïf gros nounours, aussi impatient d'aider Jobs à produire un jeu vidéo que les amis de Tom Sawyer l'étaient pour repeindre sa clôture. « C'était la plus merveilleuse proposition qu'on m'ait jamais faite, de concevoir pour de vrai un jeu que les gens utiliseraient », confirme-t-il.

Tandis que Wozniak passait la nuit à concocter le schéma élément par élément, Jobs, assis sur un banc à sa gauche, s'appliquait à réaliser les connexions enroulées du circuit. Wozniak croyait que la tâche prendrait des semaines, mais, dans une des premières manifestations de ce que les collègues de Jobs appelleraient son champ de distorsion de la réalité, il réussit à regarder Wozniak dans les yeux sans ciller et le convaincre qu'il pourrait faire le travail en quatre jours.



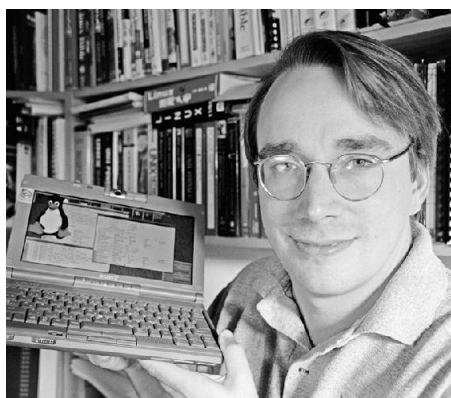
*Steve Jobs (1955-2011) et Steve Wozniak (né en 1950)
en 1976.*



Illustration graphique de Steve Jobs sur l'écran du premier Macintosh en 1984.



Richard Stallman (né en 1953).



Linus Torvalds (né en 1969).

La première réunion, en mars 1975, du Homebrew Computer Club, se tint juste après que Wozniak eut terminé la conception de *Breakout*. Au début de la séance, il ne se sentit pas à sa place. Il avait travaillé sur des calculatrices et des affichages de jeux vidéo pour téléviseur de salon, mais le principal sujet de discussion était un tout nouvel

ordinateur, l'Altair, qui, au début, ne l'intéressait pas. Timide jusqu'à l'excès, il se réfugia dans un coin de la salle. Plus tard, il décrirait la scène : « Un type brandissait le magazine *Popular Electronics*, qui avait en couverture la photo d'un ordinateur appelé l'Altair. Finalement, tous ces gens-là étaient vraiment des fans de l'Altair, et pas des gens branchés sur les terminaux télé, comme je l'avais cru. » Les participants se présentèrent les uns après les autres, et quand ce fut son tour, il dit : « Je suis Steve Wozniak, je travaille sur les calculatrices chez Hewlett-Packard et j'ai conçu un terminal vidéo. » Il ajouta qu'il aimait aussi les jeux vidéo et les systèmes de films payants pour hôtels, d'après le compte rendu de Fred Moore.

Mais une chose éveilla l'intérêt de Wozniak. Un des participants fit circuler la fiche technique du tout nouveau microprocesseur Intel. « Ce soir-là, raconte Wozniak, j'ai regardé de près la fiche technique du microprocesseur et j'ai repéré une instruction pour ajouter un emplacement en mémoire au registre A. Je me suis dit, voyons voir. Ensuite, il y avait une autre instruction qu'on pouvait utiliser pour retrancher de la mémoire au registre A. Ça alors ! Bon, peut-être que tout ça ne vous dira rien, mais moi je savais exactement ce que signifiaient ces instructions, et c'était une découverte extraordinaire. »

Wozniak était en train de concevoir un terminal avec un moniteur vidéo et un clavier. Il l'avait prévu comme terminal passif ; il n'aurait par lui-même aucune puissance de calcul, mais serait connecté via une ligne téléphonique à un ordinateur à temps partagé quelque part ailleurs. Mais lorsque Wozniak vit les caractéristiques du microprocesseur – une puce qui contenait une unité centrale –, il eut une intuition : il pourrait se servir d'un microprocesseur pour mettre une portion de la puissance de traitement dans le terminal qu'il était en train de construire. Ce serait un grand bond en avant par rapport à l'Altair : un ensemble intégrant ordinateur, clavier et écran ! « Toute cette vision d'un ordinateur individuel a fait clic dans ma tête. Cette nuit-là, j'ai commencé à esquisser sur le papier ce qui deviendrait plus tard l'Apple I. »

Après une journée de travail sur la conception des calculatrices chez HP, Wozniak rentrait chez lui dîner en vitesse puis retournait à son box pour travailler sur son ordinateur. Le dimanche 29 juin 1975 à dix heures du soir, une étape historique eut lieu : Wozniak appuya sur quelques touches de son clavier, le signal fut traité par un microprocesseur et des lettres apparurent à l'écran. « Ça m'a fait un choc, avoue-t-il. C'était la première fois dans l'Histoire que quelqu'un avait tapé un caractère sur un clavier et l'avait vu apparaître sur l'écran juste en face de lui. » Ce n'était pas strictement vrai, mais c'était la première fois qu'un clavier et un moniteur étaient intégrés à

un ordinateur conçu pour des informaticiens amateurs.

La vocation du Homebrew Computer Club était de partager librement et gratuitement les idées. Ce qui le mettait dans la ligne de mire de Bill Gates, mais Wozniak embrassa la culture communautaire : « Je croyais tellement à la mission d'encouragement à l'informatique du Club que j'ai photocopié une centaine d'exemplaires de mon schéma complet et l'ai donc donné à quiconque le désirait. » Il était trop timide, au début, pour prendre la parole devant le groupe et faire une présentation en bonne et due forme, mais il était tellement fier de sa création qu'il adorait la montrer à l'écart aux gens qui s'agglutinaient autour de lui, distribuant les schémas du circuit. « Je voulais donner la machine gratuitement aux autres. »

Jobs pensait différemment, tout comme il l'avait fait pour la Blue Box. Il s'avérerait que son désir de fabriquer l'image de marque d'un ordinateur facile d'emploi et de le vendre – et l'instinct nécessaire pour le faire – changerait le monde de l'informatique individuelle tout autant que le fit l'astucieuse conception des circuits de Wozniak. En fait, Wozniak n'aurait eu droit qu'à des notules dans le bulletin du Homebrew Club si Jobs n'avait pas insisté pour qu'ils créent une société afin de commercialiser son invention.

Jobs commença à téléphoner aux fabricants de circuits intégrés comme Intel pour obtenir des échantillons gratuits. « Parce que, lui, il savait parler aux commerciaux, raconte un Wozniak admiratif. Je n'aurais jamais pu faire ça. Je suis bien trop timide. » Jobs se mit à accompagner Wozniak aux réunions du Homebrew Club – il transportait le moniteur et se chargeait des démonstrations. Il imagina un plan pour vendre des cartes mères avec les circuits de Wozniak préimprimés dessus. C'était un trait typique de leur partenariat. « Chaque fois que je mettais au point un truc extra, Steve trouvait le moyen de nous faire gagner de l'argent avec, raconte Wozniak. Il ne m'était jamais venu à l'esprit de vendre des cartes mères d'ordinateurs. C'est Steve qui a dit : "On lance la pub et on en vendra." » Jobs vendit son bus Volkswagen et Wozniak sa calculatrice HP pour réunir les fonds nécessaires à cette entreprise.

Leur partenariat était insolite, mais efficace : « Woz » le panda était un naïf angélique, Jobs le lévrier un magnétiseur diabolique. Gates avait forcé Allen à lui accorder plus de la moitié de leurs bénéfices communs. Dans le cas d'Apple, ce fut le père de Wozniak, un ingénieur qui respectait les ingénieurs et méprisait les commerciaux et les gestionnaires, qui insista pour que son fils, responsable de la conception, obtienne plus de cinquante pour cent du partenariat. Il affronta Jobs quand celui-ci passa chez les Wozniak : « Tu ne mérites

pas le moindre sou. Tu n'as rien produit du tout. » Jobs se mit à pleurer et dit à Steve Wozniak qu'il était disposé à annuler leur partenariat. « Si nous ne sommes pas associés à 50/50, dit Jobs, tu peux tout garder pour toi. » Toutefois, Wozniak comprenait que Jobs contribuait à leur partenariat, et que cette contribution valait au moins la moitié. Livré à lui-même, Wozniak n'aurait peut-être jamais progressé au-delà de la distribution gratuite de ses schémas.

Après une démonstration de l'ordinateur lors d'une réunion du Homebrew Club, Jobs fut abordé par Paul Terrell, propriétaire d'une petite chaîne de boutiques d'informatique, The Byte Shop. À la fin de leur conversation, Terrell dit « Restons en contact » et donna sa carte de visite à Jobs. Le lendemain, Jobs entra pieds nus dans le magasin de Terrell et annonça : « Je reste en contact. » Quand Jobs eut terminé son boniment, Terrell était déjà d'accord pour commander cinquante exemplaires de ce qu'on appellerait plus tard l'Apple I. Mais il voulait des ordinateurs complètement montés, pas de simples cartes mères avec un paquet de composants. C'était une étape de plus dans l'évolution des ordinateurs individuels. Ils ne seraient plus exclusivement destinés aux bricoleurs virtuoses du fer à souder.

Jobs avait compris cette tendance. Lorsque vint le moment de construire l'Apple II, il ne perdit pas beaucoup de temps à étudier les fiches techniques des microprocesseurs. Au lieu de quoi il alla au magasin Macy's dans la galerie marchande de Stanford et étudia le robot-mixeur Cuisinart. Il décida que le prochain ordinateur individuel devrait être comme un appareil électroménager : tout monté, prêt à l'emploi, élégamment carrossé. De l'alimentation au logiciel, du clavier au moniteur, tout devait être étroitement intégré. « Ma vision, c'était de créer le premier ordinateur clés en main, expliquait-il. Notre cible ne serait plus la poignée de bricoleurs qui aimaient monter eux-mêmes leur ordinateur, qui savaient où et comment acheter des transformateurs et des claviers. Pour chacun d'entre eux, il y avait mille personnes qui voudraient que la machine soit prête à l'emploi. »

Début 1977, quelques autres entreprises d'informatique ciblant les bricoleurs avaient déjà émergé du bouillonnement suscité par le Homebrew Club et autres chaudrons magiques. Lee Felsenstein, le maître des cérémonies du Club, avait lancé Processor Technology et sorti un ordinateur appelé Sol. Parmi les autres sociétés, on pouvait citer Cromemco, Vector Graphic, Southwest Technical Products, Commodore et IMSAI. Mais l'Apple II fut le premier ordinateur individuel à être simple et complètement autonome aux niveaux matériel et logiciel. Il fut commercialisé en juin 1977 au prix de 1 298 dollars et il s'en vendit cent mille en trois ans.

L'ascension d'Apple marqua le déclin de la culture de l'électronique amateur. Des dizaines d'années durant, de jeunes innovateurs tels que Kilby et Noyce avaient été initiés à l'électronique en apprenant à identifier les différentes versions des transistors, capacités et diodes, puis à les connecter par enroulage ou les souder pour en faire des cartes mères et créer des circuits qui deviendraient des postes de radioamateur, des contrôleurs de fusées, des amplificateurs et des oscilloscopes. Mais en 1971 les microprocesseurs rendirent obsolète la réalisation de cartes mères complexes, et les fabricants japonais d'électronique commencèrent à produire en grande série des composants moins chers que ceux fabriqués maison. Les ventes de kits de montage s'effondrèrent. Des hackers branchés matériel tels que Wozniak perdirent leur hégémonie au profit de rédacteurs de logiciels tels que Bill Gates. Avec l'Apple II et, surtout, le Macintosh en 1984, Apple inaugura la pratique consistant à créer des machines dont les utilisateurs n'étaient pas censés ouvrir et tripoter les entrailles.

L'Apple II établit d'autre part une doctrine qui deviendrait un credo religieux pour Steve Jobs : le matériel créé par sa société était indissociable du logiciel de son système d'exploitation. Jobs était un perfectionniste qui tenait à contrôler de bout en bout l'« expérience utilisateur ». Il ne voulait pas vous vendre un Apple pour que vous fassiez tourner dessus le système d'exploitation ringard de quelqu'un d'autre, ni vous vendre le système d'exploitation Apple pour que vous le mettiez sur la machine imparfaite d'un concurrent.

Ce modèle d'intégration ne deviendrait pas une pratique universelle. Le lancement de l'Apple II réveilla les grosses sociétés d'informatique, en premier lieu IBM, et suscita l'émergence d'un autre modèle. IBM – plus précisément IBM mis en échec par Bill Gates – accepterait une démarche dans laquelle le matériel de l'ordinateur et son système d'exploitation seraient faits par des sociétés différentes. Le logiciel se taillerait la part du lion et, sauf chez Apple, le matériel informatique deviendrait en général un produit comme les autres.

Dan Bricklin et VisiCalc

Pour que les ordinateurs individuels soient utiles et que des individus à l'esprit pratique en justifient l'achat, il fallait qu'ils deviennent des outils au lieu d'être de simples jouets. Même l'Apple II aurait pu être une mode éphémère, une fois retombé l'enthousiasme des bricoleurs, si ses utilisateurs n'avaient pu lui assigner la moindre tâche pratique. C'est ainsi qu'il y eut une demande croissante pour des logiciels d'application, des programmes capables d'appliquer la puissance de traitement d'un ordinateur individuel à une tâche

spécifique.

Le pionnier le plus influent dans ce domaine fut Dan Bricklin, qui conçut le premier programme de tableur financier, VisiCalc⁸³. Bricklin était un diplômé d'informatique du MIT qui avait passé quelques années à développer des logiciels chez la Digital Equipment Corporation et qui s'était ensuite inscrit à la Harvard Business School. Un jour qu'il assistait à un cours magistral au printemps 1978, il regarda le professeur créer au tableau des rangées et des colonnes pour un modèle financier. Lorsqu'il trouvait une erreur ou désirait changer une valeur dans une cellule, le professeur était obligé non seulement de modifier la cellule en question, mais aussi d'effacer et de corriger les valeurs dans un grand nombre d'autres cellules⁸⁴.

Bricklin avait vu Doug Engelbart faire une démonstration de son oNLine System, rendu célèbre lors de la Mère de toutes les démos, qui comportait un affichage graphique et une souris pour sélectionner une zone de l'écran et cliquer dessus. Bricklin se mit à envisager un tableur électronique qui utiliserait une souris et une interface simple : pointer-déplacer-cliquer. Cet été-là, pendant une randonnée à bicyclette sur l'île de Martha's Vineyard, il décida de transformer son idée en un produit. Il était bien préparé pour une telle entreprise. C'était un ingénieur logiciel avec l'instinct d'un chef de produit : il avait le chic pour deviner ce que voulait l'utilisateur. Ses parents étaient des entrepreneurs, et il était enthousiasmé par la perspective de se lancer dans les affaires. C'était aussi un bon joueur d'équipe, qui savait comment trouver les partenaires adéquats : « Je possédais la combinaison idéale d'expérience et de connaissances pour développer un logiciel qui corresponde aux besoins des gens⁸⁵. »

Il s'associa donc avec un ami rencontré au MIT, Bob Frankston, un autre ingénieur en logiciel dont le père était chef d'entreprise. « La capacité de Dan et de moi-même à travailler en équipe a été cruciale », confirme Frankston. Bien que Bricklin ait pu écrire le programme lui-même, il en ébaucha les grandes lignes puis en confia le développement à Frankston. « Ce qui lui donnait la liberté de se concentrer sur ce que le programme devrait faire plutôt que sur la manière dont il le ferait », explique Frankston⁸⁶.

La première décision qu'ils prirent fut de développer un programme destiné à un ordinateur individuel plutôt qu'à un ordinateur professionnel DEC. Ils choisirent l'Apple II parce que Wozniak lui avait donné une architecture suffisamment ouverte et transparente pour que les fonctions nécessaires aux développeurs de logiciels soient aisément accessibles.

Ils créèrent le prototype en un week-end sur un Apple II emprunté à

quelqu'un qui deviendrait un troisième collaborateur, Dan Fylstra. Frais émoulu de la Harvard Business School, Fylstra avait lancé une maison d'édition de logiciels axée sur des jeux tels que les échecs, qu'il dirigeait à partir de son appartement de Cambridge. Pour qu'une industrie du logiciel se développe indépendamment de l'industrie du matériel, il était absolument nécessaire que les éditeurs sachent comment promouvoir et distribuer leurs produits.

Comme Bricklin et Frankston avaient le sens des affaires et une bonne perception des désirs des consommateurs, ils tinrent à faire de VisiCalc un vrai produit et non pas un simple programme. Ils utilisèrent leurs amis et leurs professeurs comme groupes cibles afin de s'assurer que l'interface soit intuitive et facile à utiliser. « L'objectif était de donner à l'utilisateur un modèle conceptuel qui ne le surprenne pas, explique Frankston. C'était le "principe de la surprise minimale". Nous étions des illusionnistes en train de synthétiser une expérience⁸⁷. »

Parmi ceux qui aidèrent VisiCalc à devenir un phénomène économique se trouvait Ben Rosen, alors analyste chez Morgan Stanley, qui transformerait plus tard son bulletin d'information et ses forums influents en une entreprise à part entière puis créerait une société de capital-risque à Manhattan. En mai 1979, Fylstra fit une démonstration d'une version provisoire de VisiCalc au Forum de l'ordinateur individuel organisé par Rosen dans sa ville natale de La Nouvelle-Orléans. Dans son bulletin, Rosen fut enthousiaste : « VisiCalc est visuellement convaincant [...] En quelques minutes, des gens qui ne se sont jamais servis d'un ordinateur écrivent des programmes et les utilisent. » Il termina sur une prédiction qui s'avérerait exacte : « Comme la queue qui remue le chien, VisiCalc pourrait devenir le logiciel qui fait vendre l'ordinateur. »

VisiCalc déclencha l'ascension foudroyante de l'Apple II, car une année durant il n'en exista pas de versions pour d'autres ordinateurs individuels. « C'est ce qui a vraiment propulsé l'Apple II vers le succès qu'il a obtenu », dirait plus tard Jobs⁸⁸. VisiCalc fut rapidement suivi par des logiciels de traitement de texte tels que Apple Writer et EasyWriter. Ainsi VisiCalc ne se contenta pas de stimuler le marché de l'ordinateur individuel, mais il contribua à créer toute une industrie lucrative – l'édition de logiciels d'application dits « propriétaires ».

Le système d'exploitation IBM

Dans les années 1970, IBM dominait le marché des *mainframes* – les gros systèmes – avec sa série 360. Mais il fut battu par DEC et par Wang sur le marché des mini-ordinateurs de la taille d'un réfrigérateur, et il semblait bien qu'IBM allait être également largué sur le marché des ordinateurs individuels. « Si IBM sortait un ordinateur individuel, ce serait comme si on apprenait les claquettes à un éléphant », déclara un expert⁸⁹.

La direction de la société était apparemment d'accord. Elle envisagea donc à la place de vendre sous licence l'ordinateur de salon Atari 800 en collant dessus l'étiquette IBM. Mais quand ce choix fut l'objet d'une réunion en juillet 1980, le directeur général d'IBM Frank Carey y mit son veto. La première entreprise d'informatique mondiale, dit-il, devait sûrement pouvoir créer un ordinateur personnel toute seule. Il déplora que la mise au point de la moindre nouveauté chez IBM exige apparemment trois cents personnes travaillant pendant trois ans.

C'est alors que Bill Lowe, directeur du laboratoire de développement IBM à Boca Raton, en Floride, se risqua à dire : « Non, vous vous trompez, monsieur le directeur. Nous pouvons faire aboutir un projet en un an⁹⁰. » Son culot lui valut d'être chargé de superviser le projet de création d'un ordinateur personnel IBM, dont le nom de code « Acorn » évoquait le fruit du chêne.

La nouvelle équipe de Bill Lowe était dirigée par Don Estridge, qui chargea Jack Sams, un aimable Sudiste avec vingt ans d'ancienneté chez IBM, d'élaborer le logiciel. Vu la brièveté du délai d'un an, il savait qu'il serait obligé d'exploiter sous licence des logiciels de source externe au lieu de les faire rédiger en interne. Le 21 juillet 1980, il téléphona à Bill Gates et lui demanda un rendez-vous de toute urgence. Lorsque Gates l'invita à prendre l'avion pour Seattle la semaine suivante, Sams répondit qu'il était déjà sur le chemin de l'aéroport et qu'il voulait voir Gates le lendemain. Détectant un gros

poisson impatient de mordre à l'hameçon, Gates en fut tout émoustillé.

Quelques semaines plus tôt, il avait recruté son voisin de palier à Harvard, Steve Ballmer, comme directeur commercial de Microsoft. Il lui demanda donc de l'accompagner à la réunion avec les gens d'IBM. « Tu es le seul autre mec ici qui puisses porter un costard », lui fit remarquer Gates⁹¹. Quand Sams arriva, Gates portait lui aussi un costume, mais avait du mal à le remplir. « Quand ce jeune homme est sorti pour nous montrer le chemin, je l'ai pris pour le garçon de bureau », raconte Sams, qui avait revêtu l'uniforme IBM – complet bleu et chemise blanche. Mais lui-même et le reste de son équipe furent bientôt éblouis par l'intelligence de Gates.

Au début, les gens de chez IBM voulaient parler de l'exploitation sous licence du Microsoft BASIC, mais Gates orienta la conversation vers une discussion animée sur la direction que prenait la technologie. Au bout de quelques heures, ils envisageaient d'exploiter sous licence tous les langages de programmation que Microsoft avait produits ou pourrait produire, dont le Fortran et le COBOL, en plus du BASIC. « Nous avons dit à IBM : "O.K., vous pouvez avoir tout ce que nous faisons", alors même que nous ne l'avions pas encore fait », raconte Gates⁹².

L'équipe d'IBM revint quelques semaines plus tard. En plus de ces langages de programmation, il manquait à IBM un logiciel essentiel. Il fallait un système d'exploitation, le logiciel sur lequel seraient fondés tous les autres programmes. Un système d'exploitation se charge des instructions de base utilisées par les autres logiciels, pour des tâches telles que décider où stocker les données, comment allouer l'espace mémoire et les ressources en matière de traitement, et déterminer comment les logiciels des applications interagissent avec la partie matériel de l'ordinateur.

Microsoft n'avait pas encore de système d'exploitation maison. Au lieu de quoi il utilisait le CP/M (pour *Control Program for Microprocessors*), qui était la propriété de Gary Kildall, un ami d'enfance de Gates récemment installé à Monterey, en Californie. Alors, sous les yeux de Sams assis dans son bureau, Gates décrocha son téléphone et appela Kildall. « Je vais t'envoyer des mecs, dit-il en décrivant ce que cherchaient les cadres de chez IBM. Tu t'occupes bien d'eux, ce sont des mecs importants⁹³. »

Kildall ne le fit pas. Gates parlerait plus tard du « jour où Gary a décidé de faire de l'avion ». Au lieu de rencontrer les émissaires d'IBM, Kildall choisit de piloter son avion personnel, ce qu'il adorait faire, et de ne pas décommander un rendez-vous à San Francisco déjà prévu. Il

chargea son épouse de rencontrer les quatre hommes en complet sombre d'IBM dans l'excentrique maison victorienne qui tenait lieu de siège à sa société. Quand ils lui présentèrent un copieux accord de non-divulgateion, elle refusa de le signer. Après avoir palabré longtemps, les gens d'IBM repartirent, dégoûtés. « On lui a mis sous le nez la lettre habituelle, comme quoi elle ne devait dire à personne que nous étions ici et nous ne voulions pas entendre quoi que ce soit de confidentiel ; elle l'a lue et a dit : “Je ne peux pas signer ça”, raconte Sams. Nous avons passé toute la journée à Pacific Grove à discuter avec eux, et avec nos juristes et leurs juristes et un peu tout le monde pour savoir si oui ou non elle pourrait ne serait-ce que mentionner devant nous le fait qu'elle nous parlait, et puis nous sommes partis. » La modeste société de Gary Kildall venait de laisser passer sa chance de devenir l'acteur principal dans l'industrie du logiciel informatique⁹⁴.

Sams reprit l'avion pour voir Gates à Seattle et lui demanda de trouver un autre moyen de créer un système d'exploitation à partir de zéro. Par bonheur, Paul Allen connaissait quelqu'un à Seattle qui pourrait les aider : Tim Paterson, qui travaillait pour une petite entreprise appelée Seattle Computer Products. Quelques mois plus tôt, Paterson, frustré de voir que le CP/M de Kildall n'était pas disponible pour les tout derniers microprocesseurs de chez Intel, l'avait adapté pour en faire un système d'exploitation qu'il appela QDOS, pour *Quick and Dirty Operating System* (« système d'exploitation vite et mal fait »)⁹⁵.

À cette date, Gates avait déjà pris conscience qu'un système d'exploitation unique, très vraisemblablement celui choisi par IBM, finirait par être le système standard qu'adopteraient la plupart des ordinateurs individuels. Il comprit aussi que quiconque posséderait ce système d'exploitation serait dans une position plus qu'avantageuse. Au lieu d'envoyer les gens d'IBM chez Paterson, Gates et son équipe dirent qu'ils se débrouilleraient tout seuls. « Nous avons simplement dit à IBM : “Écoutez, on va récupérer ce système d'exploitation chez cette petite boîte locale, on s'en occupe et on le retape” », raconterait plus tard Ballmer.

L'entreprise de Paterson se démenait pour joindre les deux bouts, aussi Allen fut-il en mesure de négocier astucieusement un accord avec son ami. Après avoir initialement acquis une licence non exclusive, Allen retourna le voir lorsqu'un accord avec IBM sembla probable et racheta carrément le logiciel à Paterson sans lui dire pourquoi. « Nous avons finalement trouvé un accord pour lui acheter le système d'exploitation avec toute liberté quant à son utilisation, et ce pour cinquante mille dollars », raconte Allen⁹⁶. Pour cette somme

dérisoire, Microsoft entra en possession du logiciel qui, une fois toiletté par ses soins, lui permettrait de dominer l'industrie du logiciel pendant plus de trois décennies.

Mais Gates faillit reculer. Il s'inquiéta – une fois n'est pas coutume – de ce que Microsoft, engagé au-delà du raisonnable dans d'autres projets, ne puisse avoir la capacité de mettre le QDOS à niveau pour en faire un système d'exploitation digne d'IBM. Microsoft n'avait qu'un personnel hétéroclite de quarante employés, dont certains dormaient par terre et faisaient leur toilette matinale à l'éponge, et était dirigé par un individu de vingt-quatre ans qu'on pouvait encore prendre pour un garçon de bureau. Un lundi, fin septembre 1980, deux mois après la première visite des cadres IBM, Gates réunit son état-major pour prendre la décision : on y va ou on n'y va pas ? Kay Nishi, un jeune entrepreneur japonais doté d'une conviction toute gatésienne, était le plus intransigeant : « Faut y aller ! Faut y aller ! » hurlait-il en trépillant d'un bout à l'autre la pièce. Gates décida qu'il avait raison⁹⁷.

Gates et Ballmer prirent un vol de nuit pour Boca Raton afin de négocier avec IBM. Leurs revenus de 1980 s'élevaient à 7,5 millions de dollars, contre 30 milliards de dollars chez IBM, mais Gates visait un accord qui autoriserait Microsoft à conserver la propriété d'un système d'exploitation dont IBM ferait un standard international. Dans le marché passé avec la société de Tim Paterson, Microsoft avait acheté comptant QDOS « pour quelque usage que ce soit », au lieu de se contenter d'une licence d'exploitation. C'était intelligent, mais il serait encore plus intelligent de ne pas laisser IBM imposer à Microsoft le même arrangement.

En arrivant à l'aéroport de Miami, ils allèrent dans les toilettes se changer et Gates se rendit compte qu'il avait oublié sa cravate. Dans une manifestation inhabituelle de méticulosité, il tint à ce qu'ils fassent étape sur la route de Boca Raton dans un magasin de la chaîne Burdine's pour en acheter une. Elle ne produisit pas vraiment l'effet escompté sur les cadres IBM tirés à quatre épingles qui accueillirent Gates. L'un des ingénieurs logiciel se rappela qu'il ressemblait à « un môme qui aurait coursé quelqu'un autour du bloc pour lui piquer son costard, qui était beaucoup trop grand pour lui. Avec son col qui dépassait, il avait l'air d'un petit voyou, et j'ai dit : “Mais qui c'est, celui-là⁹⁸ ?” »

Toutefois, dès que Gates eut commencé sa présentation, ils cessèrent de se concentrer sur sa tenue débraillée. Il subjuga l'équipe IBM par sa maîtrise des détails, aussi bien techniques que juridiques, et projeta une impression de calme assurance en insistant sur les termes de

l'accord. Mais c'était du cinéma, à peu de chose près. Quand il rentra à Seattle, Gates alla dans son bureau, se coucha par terre et exprima tout haut devant Ballmer ses multiples doutes et angoisses.

Au bout d'un mois de va-et-vient, un accord de trente-deux pages fut finalisé début novembre 1980. « Steve et moi connaissions ce contrat par cœur, déclare Gates⁹⁹. Nous n'avons pas gagné tant que ça dans cette affaire. Quelque chose comme cent quatre-vingt-six mille dollars en tout. » Du moins au début. Mais le contrat comportait les deux clauses dont Gates savait qu'elles modifieraient l'équilibre du pouvoir dans l'industrie de l'informatique. La première était que la licence qu'aurait IBM d'utiliser le système d'exploitation, baptisé PC-DOS, ne comporterait pas l'exclusivité. Gates pourrait proposer l'exploitation sous licence du même système, sous le nom de MS-DOS, à d'autres fabricants d'ordinateurs. La seconde était que Microsoft demeurerait propriétaire du code source. Cela signifiait qu'IBM ne pourrait modifier ni actualiser le logiciel pour en faire quelque chose d'exclusif à ses ordinateurs. Seul Microsoft pourrait opérer des changements et ensuite en proposer la licence d'exploitation à toutes les sociétés qu'il voudrait. « Nous savions qu'il y allait avoir des clones de l'IBM PC, explique Gates. Nous avons structuré le contrat initial afin de permettre leur existence. C'était un point capital de nos négociations¹⁰⁰. »

Cet accord était similaire à celui que Gates avait conclu avec MITS, lorsqu'il avait conservé le droit de proposer l'exploitation sous licence du BASIC à d'autres fabricants d'ordinateurs. Cette clause permit au BASIC de Microsoft et ensuite, plus important encore, à son système d'exploitation de devenir la norme en informatique, norme contrôlée par Microsoft. « En fait, le slogan de notre pub était à l'origine "Nous fixons la norme", raconte Gates en riant. Mais quand nous avons effectivement fixé la norme, notre juriste antitrust nous a dit de le supprimer. C'est un de ces slogans qu'on ne peut utiliser que s'ils sont mensongers^{*4101}. »

Gates se vanta auprès de sa mère de l'importance de son accord avec IBM dans l'espoir de prouver qu'il avait eu raison de décrocher de Harvard. Or Mary Gates siégeait au conseil d'administration de la fondation caritative United Way avec le président d'IBM, John Opel, qui allait remplacer Frank Cary comme directeur général. Un jour qu'elle se rendait à une réunion avec Opel dans l'avion personnel de ce dernier, elle évoqua le rapport entre Gates et IBM : « Oh, mon fils est en plein dans un projet. En fait, il travaille pour votre société. » Apparemment, Opel ignorait l'existence de Microsoft. Quand elle rentra, elle avertit donc Bill : « Écoute, j'ai parlé de ton projet à Opel, j'ai dit que tu avais quitté la fac, et tout le reste, et il ne sait pas qui tu

es, alors peut-être que ton projet n'est pas aussi important que tu le crois. » Quelques semaines plus tard, les cadres de Boca Raton se rendirent au siège d'IBM pour faire leur rapport à Opel. « Nous sommes dépendants d'Intel pour la puce, Sears et Computer Land vont assurer la distribution, expliqua le chef de l'équipe. Mais le fournisseur dont nous dépendons le plus est en fait une toute petite maison d'édition de logiciels basée à Seattle et dirigée par un certain Bill Gates. » Ce à quoi Opel répondit : « Oh, vous voulez dire le fils de Mary Gates ? Ouais, elle est super¹⁰². »

Comme Gates l'avait prédit, produire tous les logiciels pour IBM ne fut pas une partie de plaisir, mais l'équipe hétéroclite de Microsoft travailla vingt-quatre heures sur vingt-quatre pendant neuf mois pour y parvenir. Gates et Allen œuvrèrent pour une dernière fois en binôme, assis côte à côte, programmant tout la nuit avec l'intensité partagée dont ils avaient fait preuve à Lakeside et à Harvard. « Le seul différend que Paul et moi ayons eu, c'est quand lui voulait voir le lancement de la navette spatiale, et moi pas parce que nous étions en retard », raconte Gates. Finalement, Allen fit le voyage. « C'était la première navette, dit-il. Et nous avons repris l'avion juste après le lancement. Nous ne sommes même pas restés absents trente-six heures. »

En rédigeant le logiciel du système d'exploitation, ils contribuèrent à déterminer l'aspect et la maniabilité de l'ordinateur personnel. « Paul et moi avons décidé de tous les moindres détails du PC, raconte Gates. La disposition des touches du clavier, la manière dont fonctionnaient le port cassette, le port audio, le port graphique¹⁰³. » Le résultat refléta hélas les goûts nerdiqes de Gates en matière de design et d'ergonomie. À part le fait qu'elles obligeaient une cohorte d'utilisateurs à apprendre où se trouvait la touche antislash, on ne pouvait dire beaucoup de bien d'interfaces humain/machine qui comptaient sur des messages du type « c :\> » et des noms de fichiers tels que AUTOEXEC.BAT et CONFIG.SYS.

Des années plus tard, lors d'une réception à Harvard, l'investisseur en actions David Rubenstein demanda à Gates pourquoi il avait encombré le monde avec la séquence de démarrage CTRL+ALT+SUPP : « Dites-moi, quand je veux démarrer mon application et mon ordinateur, pourquoi est-ce que j'ai besoin de trois doigts ? Qui a eu cette idée ? » Gates commença à expliquer que les concepteurs du clavier de chez IBM n'avaient pas réussi à trouver une manière facile d'indiquer à la machine de lancer le système d'exploitation, puis il s'interrompit et sourit d'un air penaud. « C'était une erreur », avoua-t-

il¹⁰⁴. Les programmeurs purs et durs oublient parfois que la simplicité est l'âme de la beauté.

L'IBM PC fut dévoilé, avec un prix public de 1 565 dollars, au Waldorf Astoria de New York en août 1981. Gates et son équipe ne furent pas invités à la cérémonie. « Le truc le plus bizarre, raconte Gates, c'est que lorsque nous avons demandé d'assister au grand lancement officiel, IBM nous a opposé un refus¹⁰⁵. » Dans l'esprit d'IBM, Microsoft n'était qu'un simple fournisseur.

Rira bien qui rira le dernier. Grâce au marché qu'il avait passé, Microsoft put transformer l'IBM PC et ses clones en des marchandises interchangeables qui en seraient réduites à casser leurs prix pour être compétitives et seraient condamnées à dégager des marges bénéficiaires minuscules. Dans une interview qui parut dans le magazine *PC* quelques mois plus tard, Gates fit remarquer que tous les ordinateurs individuels utiliseraient bientôt les mêmes microprocesseurs standardisés : « Le matériel deviendra beaucoup moins intéressant. Tout l'enjeu résidera dans le logiciel¹⁰⁶. »

L'interface graphique

Steve Jobs et son équipe de chez Apple achetèrent un IBM PC neuf dès qu'il sortit. Ils voulaient voir à quoi ressemblait la concurrence. L'opinion unanime, pour reprendre l'expression de Jobs, fut que « ça craignait ». Cela ne reflétait pas simplement l'arrogance instinctive de Job, bien qu'elle soit présente. C'était une réaction au fait que la machine, avec ses messages rébarbatifs du genre « c:\> » et ses formes anguleuses, n'avait rien d'excitant. Il ne vint pas à l'esprit de Jobs que les cadres et gestionnaires d'entreprises technologiques puissent ne pas rechercher de quoi mettre de l'ambiance au bureau et sachent qu'ils n'auraient pas d'ennuis s'ils préféraient une marque ennuyeuse comme IBM à une marque audacieuse comme Apple. Bill Gates se trouvait par hasard au siège d'Apple pour une réunion le jour où l'IBM PC fut annoncé. « Apparemment, ça ne les intéressait pas, raconte Gates. Ils ont mis un an pour prendre conscience de ce qui s'était passé¹⁰⁷. »

Jobs était excité par la concurrence, surtout quand il la trouvait nulle. Il se voyait comme un guerrier zen éclairé combattant les forces du mal et de la laideur. Il fit insérer dans le *Wall Street Journal* un placard qu'il aida à rédiger. La manchette : « Bienvenue, IBM. Sérieusement. »

L'une des raisons du mépris de Jobs était qu'il avait déjà vu l'avenir et qu'il tenait à l'inventer. Lors de ses visites au Xerox PARC, on lui

montra nombre des idées qu'Alan Kay, Doug Engelbart et leurs collègues avaient développées, et, par-dessus tout, l'interface graphique utilisateur (GUI prononcé « gou-i » pour *Graphic User Interface*), qui présentait un bureau virtuel avec des fenêtres, des icônes, et une souris pour déplacer le curseur. La créativité du Xerox PARC combinée au génie de Jobs en matière d'esthétique fonctionnelle et de marketing ferait de l'interface graphique le prochain grand bond en avant qui faciliterait l'interaction humain-machine envisagée par Bush, Licklider et Englebart.

Les deux principales visites de Jobs et de son équipe au Xerox PARC eurent lieu en décembre 1979. Jef Raskin, un ingénieur Apple qui concevait un ordinateur convivial – le futur Macintosh –, avait déjà vu ce que faisait Xerox et voulait convaincre Jobs d'y jeter un coup d'œil. Seulement Jobs trouvait Raskin insupportable – la terminologie technique qu'il utilisait pour le décrire était « un trouduc qui craint » –, mais il finit par faire le pèlerinage à Pasadena. Il avait conclu un marché avec Xerox qui autorisait les gens d'Apple à étudier la technologie maison ; en contrepartie, il autorisait Xerox à investir un million de dollars dans Apple.

Jobs n'était certainement pas la première personnalité extérieure à voir les productions du Xerox PARC. Les chercheurs du PARC avaient fait des centaines de démonstrations au profit des visiteurs, et avaient déjà distribué plus d'un millier de Xerox Alto, le coûteux ordinateur développé par Lampson, Thacker et Kay et qui utilisait une interface graphique et d'autres innovations du PARC. Mais Jobs fut le premier à être obsédé par l'intégration des interfaces suggérées par le PARC à un ordinateur individuel simple et bon marché. Une fois de plus, l'innovation capitale ne viendrait pas des gens qui avaient créé la percée, mais des gens qui l'avaient judicieusement appliquée.

Lors de la première visite de Jobs, les ingénieurs du Xerox PARC, conduits par Adele Goldberg, qui travaillait avec Alan Kay, étaient sur la défensive. Ils ne lui montrèrent pas grand-chose. Mais il piqua une crise – « Arrêtez ces conneries ! » répétait-il – et eut finalement droit, à la demande de la direction de Xerox, à une présentation plus complète. Jobs ne tenait pas en place tandis que ses ingénieurs examinaient chaque pixel de l'écran. « Vous êtes assis sur une mine d'or ! cria-t-il. Je ne peux pas croire que Xerox ne veuille pas en profiter. »

Trois innovations majeures étaient présentées. La première était Ethernet, technologie développée par Bob Metcalfe pour créer des réseaux locaux. Comme Gates et d'autres pionniers de l'ordinateur individuel, Jobs ne s'intéressait pas beaucoup – certainement pas

autant qu'il l'aurait dû – à la technologie du réseautage. Il se concentrait sur la capacité des ordinateurs à émanciper les individus plutôt qu'à faciliter la collaboration. La deuxième innovation était la programmation orientée objet. Cela ne captiva pas non plus Jobs, qui n'était pas un programmeur.

En revanche, son attention fut attirée par l'interface graphique et son bureau virtuel aussi intuitif et convivial qu'une aire de jeu au coin de la rue : de mignons pictogrammes (les « icônes ») pour les fichiers et les dossiers, et d'autres choses utiles, comme une corbeille, et un curseur contrôlé par une souris qui permettait de cliquer facilement dessus. Jobs non seulement adora ce système, mais il voyait déjà comment l'améliorer, le rendre plus simple et plus élégant.

L'interface graphique avait été rendue possible par l'affichage matriciel (*bitmapping*), autre innovation introduite au Xerox PARC. Jusque-là, la plupart des ordinateurs, y compris l'Apple II, se contentaient de générer à l'écran des caractères alphanumériques (chiffres et/ou lettres), habituellement dans un affreux vert sur fond noir. L'affichage bitmap permettait à l'ordinateur de contrôler individuellement chaque pixel sur l'écran – l'allumer ou l'éteindre et en changer la couleur à volonté. Ce qui autorisait toutes sortes d'affichages, de polices de caractères, de motifs et de graphismes. Avec son sens du design, sa connaissance des polices de caractères et son amour de la calligraphie, Jobs fut emballé par l'affichage bitmap : « C'était comme si on m'avait retiré un voile des yeux. Je voyais ce que serait l'avenir de l'informatique. »

Lorsque Jobs rentra à Cupertino au volant de sa voiture, à une vitesse qui aurait forcé même un Bill Gates au respect, il annonça à son collègue Bill Atkinson qu'il leur faudrait incorporer – en l'améliorant – l'interface graphique Xerox dans les futurs ordinateurs Apple, tels que les Lisa et Macintosh dont la sortie était imminente. « Mais bien sûr ! s'écria-t-il. C'est ça ! C'est ça qu'on doit faire ! » C'était un moyen de mettre l'informatique au service de tout le monde¹⁰⁸.

Plus tard, quand on lui reprocha d'avoir pillé les idées de Xerox, Jobs cita Picasso : « Les bons artistes copient, les grands artistes volent. » Et il ajouta : « Nous n'avons jamais eu honte de piquer des bonnes idées. » Il proclama aussi que les dirigeants de Xerox auraient eux-mêmes mis leur création sur la voie de garage : « C'étaient des maniaques de la photocopie qui n'avaient pas la moindre idée de ce que pourrait faire un ordinateur. Ils ont carrément transformé en défaite l'une des plus grandes victoires de l'informatique. Xerox aurait pu avoir toute l'industrie dans sa poche¹⁰⁹. »

En fait, aucune de ces explications ne rend justice à Jobs et à Apple. Comme dans le cas de l'inventeur oublié de l'Iowa John Atanasoff, la conception n'est qu'une première étape. Ce qui compte vraiment, c'est l'exécution. Jobs et son équipe prirent les idées de Xerox, les améliorèrent, les mirent en œuvre et les commercialisèrent. Xerox avait l'occasion de le faire, et s'y essaya effectivement, avec un ordinateur appelé le Xerox Star. Poussif, mal ficelé, ringard et onéreux, ce fut un fiasco. L'équipe Apple simplifia la souris de façon à ce qu'elle n'ait qu'un seul bouton, lui donna le pouvoir de déplacer des documents et d'autres articles sur toute la surface de l'écran, autorisa la modification des extensions de fichier par le déplacement d'un document qui « tombait » tout seul dans un dossier, créa des menus déroulants, et permit l'illusion de documents empilés les uns sur les autres et se chevauchant.

Apple lança le Lisa en janvier 1983 et ensuite, avec plus de succès, le Macintosh, un an plus tard. Jobs savait en dévoilant le « Mac » qu'il impulserait la révolution de l'ordinateur individuel, une machine suffisamment conviviale pour qu'on l'emporte chez soi. Lors du spectaculaire lancement du produit, Jobs traversa une scène plongée dans la pénombre pour extraire le nouvel ordinateur d'un sac en toile. Aux accents tonitruants de la musique de Vangelis – le thème original des *Chariots de feu* –, le mot *MACINTOSH* défila horizontalement sur l'écran, puis, en dessous, les mots *incroyablement génial !* s'affichèrent lettre par lettre dans une écriture élégante, comme tracés à la main. Il y eut un moment de silence stupéfait dans l'auditorium et quelques hoquets de surprise. La plupart des invités n'avaient jamais vu ni même imaginé quelque chose d'aussi spectaculaire. Puis l'écran fit défiler des échantillons de polices de caractères, des documents, des graphiques, des dessins, un jeu d'échecs, un tableur, et un portrait de Steve Jobs avec au-dessus de la tête un phylactère contenant le Macintosh. L'ovation dura cinq minutes¹¹⁰.

Le lancement du Macintosh fut accompagné par un spot publicitaire mémorable, « 1984 », où la jeune héroïne distançait la police d'un gouvernement autoritaire pour lancer un marteau dans l'écran et détruire Big Brother. En clair, Jobs le rebelle s'attaquant à IBM. Et Apple avait maintenant un avantage : ses ingénieurs avaient perfectionné et mis en application une interface graphique, le nouveau grand bond en avant dans l'interaction humain-machine, tandis qu'IBM et le fournisseur de son système d'exploitation Microsoft en étaient encore à des commandes saisies au clavier et suggérées par des invites à la « c:\> ».

Au début des années 1980, avant l'introduction du Macintosh, Microsoft entretenait de bonnes relations avec Apple. En fait, le jour où IBM lança son PC en août 1981, Gates rendait visite à Jobs chez Apple, ce qui arrivait régulièrement puisque Microsoft réalisait le gros de ses revenus en écrivant des logiciels pour Apple. Gates était encore le demandeur dans cette relation. En 1981, Apple avait engrangé trois cent trente-quatre millions de dollars, et Microsoft quinze millions. Jobs voulait que Microsoft écrive de nouvelles versions de ses logiciels pour le Macintosh, qui était encore un projet secret. Lors de leur rencontre d'août 1981, il révéla ses plans à Gates.

Gates trouva que l'idée du Macintosh – un ordinateur bon marché pour les masses populaires, doté une interface graphique simple – était, comme il le formula, « super chouette ». Gates était disposé à faire écrire à Microsoft des logiciels d'application pour le Macintosh – il était même impatient de commencer. Aussi invita-t-il Jobs à Seattle. Dans la présentation qu'il fit devant les ingénieurs de Microsoft, Jobs fut charismatique, au mieux de sa forme. Non sans une certaine licence poétique, il fila sa métaphore visionnaire d'une usine en Californie qui prendrait du sable, matière première du silicium, et produirait à la chaîne un « appareil informationnel » tellement simple qu'il n'aurait pas besoin de manuel. Les gens de Microsoft donnèrent au projet le nom de code *Sand* (« sable »). Ils en firent même l'acronyme de *Steve's Amazing New Device* (« le stupéfiant nouveau système de Steve »)¹¹¹.

Jobs avait un gros souci avec Microsoft : il ne voulait pas que la firme de Seattle copie l'interface graphique. Sentant instinctivement ce qui séduirait le consommateur moyen, il savait que le bureau virtuel avec sa navigation par pointage et cliquage serait, s'il était correctement réalisé, la percée qui rendrait les ordinateurs vraiment individuels. Lors d'un colloque du design à Aspen en 1981, il s'épancha en termes éloquents sur la convivialité future des écrans d'ordinateur utilisant « des métaphores que les gens comprennent déjà, comme celles de documents sur un bureau ». Sa crainte de voir Gates lui voler cette idée était quelque peu ironique, puisqu'il avait lui-même déjà dérobé le concept à Xerox. Mais, du point de vue de Jobs, il avait conclu un accord commercial lui donnant le droit de s'approprier l'idée de Xerox. En plus, il l'avait améliorée.

Aussi Jobs inséra-t-il dans son contrat avec Microsoft une clause dont il croyait qu'elle donnerait à Apple au moins un an d'avance en ce qui concerne l'interface graphique. Elle stipulait que pendant une certaine période Microsoft ne produirait pour aucune autre société qu'Apple de logiciel qui « utilise une souris ou une boule de commande » ou comporte une interface graphique de type pointage-

cliquage. Mais Jobs fut trahi par son champ de distorsion de la réalité. Il tenait tellement à mettre le Macintosh sur le marché fin 1982 au plus tard qu'il se persuada qu'il y arriverait. Aussi convint-il que l'interdiction durerait jusqu'à fin 1983. Or il se trouva que les premiers Macintosh ne furent pas livrés avant janvier 1984.

En septembre 1981, Microsoft commença secrètement à élaborer un nouveau système d'exploitation pour remplacer MS-DOS, fondé sur le bureau virtuel avec ses fenêtres, ses icônes, sa souris et son curseur. Il débaucha un ingénieur logiciel du Xerox PARC, Charles Simonyi, qui avait travaillé aux côtés d'Alan Kay dans la création de programmes graphiques pour le Xerox Alto. En février 1982, le *Seattle Times* publia une photo de Gates et d'Allen, qui, comme aurait pu le remarquer un lecteur attentif, révélait un tableau blanc à l'arrière-plan avec quelques croquis et les mots *Window Manager* (« gestionnaire de fenêtres ») en haut. En été de la même année, juste au moment où Jobs commençait à se rendre compte que la date de sortie du Macintosh allait être décalée jusqu'à fin 1983 au plus tôt, il devint paranoïaque. Ses craintes se renforcèrent lorsque son ami Andy Herzfeld, un ingénieur de l'équipe du Macintosh, lui signala que son contact chez Microsoft avait commencé à lui poser des questions précises sur la manière dont l'image matricielle était réalisée. « J'ai dit à Steve que je soupçonnais Microsoft de vouloir cloner le Mac », se rappelle Herzfeld¹¹².

Les craintes de Jobs se concrétisèrent en novembre 1983, deux mois avant le lancement du Macintosh, quand Gates tint une conférence de presse au Palace Hotel de Manhattan. Il annonça que Microsoft était en train de développer un nouveau système d'exploitation, qui serait disponible pour l'IBM PC et ses clones. Il comporterait une interface graphique et s'appellerait Windows.

Gates était dans son droit. L'accord contraignant avec Apple expirait fin 1983, et Microsoft n'avait pas l'intention de livrer Windows avant une date assez éloignée. (Finalement, Microsoft mettrait tellement de temps à achever une version 1.0 – bâclée, en plus –, que Windows ne serait pas livrable avant novembre 1985.) Néanmoins Jobs était blême de colère, ce qui n'était pas beau à voir. « Convoque-moi Gates immédiatement », ordonna-t-il à l'un de ses directeurs. Gates obtempéra, mais il ne se laissa pas intimider. « Il m'a fait venir pour passer sa colère sur moi, raconte Gates. Je suis descendu à Cupertino comme pour une représentation officielle. Je lui ai dit : "On est en train de faire Windows. On mise sur l'interface graphique." » Dans une salle de conférence remplie d'employés Apple terrorisés, Jobs vociféra « Mais tu nous arnaques ! Je t'ai fait confiance, et maintenant tu nous voles¹¹³ ! » Gates avait l'habitude de se calmer progressivement

chaque fois que Jobs se mettait dans une colère noire. À la fin de la tirade de Jobs, Gates le regarda, puis, avec sa voix haut perchée, lui répondit par ce qui deviendrait une réplique célèbre : « Eh bien, Steve, je crois qu'il n'y a pas qu'une seule manière de voir les choses. Je crois que c'est plutôt comme si nous avions un riche voisin nommé Xerox, et quand je l'ai cambriolé pour lui voler sa télé, je me suis aperçu que tu l'avais déjà volée¹¹⁴. »

Jobs lui en voulut jusqu'à la fin de sa vie. « Ils nous ont arnaqués jusqu'à l'os, parce que Gates ne connaît pas la honte », dirait-il près de trente ans plus tard, peu avant sa mort. Quand on lui rapporta ces propos, Gates répliqua : « S'il croit ça, c'est qu'il est vraiment entré dans un de ses propres champs de distorsion¹¹⁵. »

Finalement, les tribunaux décrétèrent que Gates avait agi correctement du point de vue juridique. La décision d'une cour d'appel fédérale notait que « les interfaces utilisateur graphiques ont été développées comme un moyen convivial permettant au commun des mortels de dialoguer avec l'ordinateur Apple [...] fondé sur la métaphore d'un bureau avec des fenêtres, des icônes et des menus déroulants qui peuvent se manipuler à l'écran grâce à un périphérique manuel appelé souris ». Mais la cour décida qu'« Apple ne peut bénéficier d'une protection dans le cadre d'un brevet pour l'idée d'une interface utilisateur graphique, ou pour l'idée d'une métaphore du bureau ». Il était presque impossible de protéger une innovation portant sur l'aspect et la convivialité.

Quel qu'ait pu être le contexte juridique, Jobs avait le droit d'être en colère. Apple avait été plus novateur, plus imaginatif, plus élégant dans l'exécution et plus intelligent dans la conception. L'interface utilisateur de Microsoft était bâclée, avec un tuilage de l'écran par des fenêtres qui ne pouvaient pas se chevaucher et des graphismes qu'on aurait cru dessinés par des ivrognes dans un sous-sol sibérien.

À force de persévérance, Windows finit néanmoins par atteindre sa position dominante, non parce que sa conception était meilleure, mais parce que son modèle économique était meilleur. La part du marché détenue par Microsoft atteignait déjà quatre-vingts pour cent en 1990 et ne cessa de progresser, pour atteindre quatre-vingt-quinze pour cent dès 2000. Pour Jobs, le succès de Microsoft représentait un défaut esthétique dans le fonctionnement de l'univers. « Le problème de Microsoft est qu'ils n'ont carrément pas de goût, absolument pas de goût, dirait-il plus tard. Je ne veux pas dire dans le détail, mais en général, dans la mesure où ils n'ont pas d'idées originales et qu'ils ne mettent pas beaucoup de culture dans leur produit¹¹⁶. »

La principale raison du succès de Microsoft était qu'il était disposé à

laisser tous les fabricants de matériel à intégrer sous licence son système d'exploitation à leurs ordinateurs. Apple, au contraire, opta pour une solution fermée. Son matériel ne fonctionnait qu'avec son logiciel, et vice versa. Jobs était un artiste, un perfectionniste, et donc un maniaque du contrôle qui voulait diriger de bout en bout l'expérience de l'utilisateur. La démarche d'Apple conduisait à des produits plus esthétiques, une marge bénéficiaire plus élevée et une expérience utilisateur plus sublime. La démarche de Microsoft offrait un choix plus étendu de matériel. Il se trouve qu'elle était aussi un meilleur choix pour gagner des parts de marché.

Richard Stallman, Linus Torvalds et les mouvements du logiciel libre et de l'open source

Fin 1983, juste au moment où Jobs se préparait à dévoiler le Macintosh et où Gates annonçait Windows, une autre conception de la création de logiciels se manifesta. Elle était impulsée par l'un des purs et durs du Laboratoire d'intelligence artificielle du MIT et du Tech Model Railroad Club, Richard Stallman, un hacker au look de prophète de l'Ancien Testament, persuadé de détenir la vérité. Avec une ferveur morale encore plus forte que celle des membres du Homebrew Club qui copiaient les bandes du Microsoft BASIC, Stallman croyait à la création collaborative des logiciels et à leur libre partage¹¹⁷.

Au premier abord, ce ne semblait pas être une démarche susceptible d'encourager les gens à produire des logiciels de qualité. La joie du libre partage n'était pas ce qui motivait Gates, Jobs et Bricklin. Mais comme la culture hacker était imprégnée d'une éthique collaborative et communautaire, les mouvements du logiciel libre et de l'open source finirent par devenir des forces puissantes.

Né en 1953, Richard Stallman se découvrit un vif intérêt pour les mathématiques pendant son enfance à Manhattan, et il apprit le calcul intégral tout seul. « Les mathématiques ont quelque chose de commun avec la musique, dirait-il plus tard. Elles se fondent sur des relations vraies, des étapes logiques vraies, des déductions vraies, et c'est là que réside leur beauté. » Contrairement à ses camarades de classe, il était profondément opposé à l'esprit de compétition. Lorsqu'au lycée le professeur divisa la classe en deux équipes pour un jeu-concours, Stallman refusa de répondre aux questions. « J'ai résisté à l'idée de compétition, expliqua-t-il. Je voyais que j'étais manipulé et que mes camarades étaient la proie de cette manipulation. Ils voulaient tous battre les autres, qui étaient tout autant leurs amis que ceux de leur propre équipe. Ils ont commencé à exiger que je réponde aux

questions pour nous faire gagner. Mais j'ai résisté à la pression parce que je n'avais aucune préférence pour l'une ou l'autre équipe¹¹⁸. »

Stallman étudia à Harvard, où il devint une légende même parmi les génies des maths ; chaque été et après avoir obtenu sa licence, il travaillait au Laboratoire d'intelligence artificielle du MIT, à deux stations de métro de Cambridge. C'est là qu'il perfectionna le réseau du train électrique du Tech Model Railroad Club, qu'il écrivit un programme d'émulation du PDP-11 qui tournait sur le PDP-10 et qu'il tomba amoureux de la culture collaborative : « J'ai intégré la communauté fondée sur le partage des logiciels, qui existait depuis de nombreuses années. Chaque fois que des gens d'une autre université ou d'une autre société voulaient acclimater un programme chez eux, nous les laissions faire. On pouvait toujours demander à voir le code source¹¹⁹. »

En bon hacker, Stallman défiait les restrictions et les portes verrouillées. Avec ses amis étudiants, il conçut de multiples méthodes pour entrer par effraction dans des bureaux contenant des terminaux interdits d'accès ; sa spécialité personnelle était de ramper dans les faux plafonds, d'écarter une dalle et de laisser descendre un long morceau de bande magnétique muni à son extrémité de ruban adhésif pour manipuler les poignées de porte. Lorsque le MIT constitua une base de données des utilisateurs et un système de mots de passe forts, Stallman résista et encouragea ses collègues à faire de même : « J'ai trouvé ça dégueulasse, alors je n'ai pas rempli le formulaire et j'ai créé un mot de passe sans contenu. » À un moment donné, un professeur l'avertit que l'université risquait d'effacer son répertoire de fichiers. Ce serait regrettable pour tout le monde, répondit Stallman, puisque certaines des ressources du système se trouvaient dans son répertoire¹²⁰.

Malheureusement pour lui, la fraternité des hackers du MIT commença à s'effriter au début des années 1980. Le laboratoire acheta un nouvel ordinateur en temps partagé doté de logiciels propriétaires. « Il fallait signer un engagement de non-divulgaration rien que pour pouvoir disposer d'une copie exécutable, déplorait Stallman. Ce qui signifiait que la première étape dans l'utilisation d'un ordinateur était de promettre de ne pas aider son prochain. Une communauté coopérative était interdite¹²¹. »

Au lieu de se rebeller, beaucoup de ses collègues rejoignirent des éditeurs de logiciels à but lucratif, notamment un sous-produit du laboratoire du MIT appelé Symbolics, où ils gagnèrent beaucoup d'argent en ne partageant pas gratuitement. Stallman, qui dormait parfois dans son bureau et donnait l'impression de s'habiller dans une

fripierie, ne partageait pas leurs motivations axées sur le profit et les considérait comme des traîtres. Le comble, ce fut quand Xerox fit don d'une imprimante laser neuve et que Stallman voulut installer un logiciel qui détecterait le blocage de la machine et avertirait les autres usagers du réseau. Il demanda à un collègue de lui fournir le code source de l'imprimante, mais l'autre refusa en disant qu'il avait signé un engagement de non-divulgaration. Stallman fut scandalisé.

Tous ces événements confortèrent Stallman dans son personnage de Jérémie s'élevant contre l'idolâtrie et prêchant à partir de son livre des lamentations : « Certaines personnes me comparent à un prophète de l'Ancien Testament, et la raison en est que les prophètes de l'Ancien Testament disaient que certaines pratiques sociales étaient néfastes. Ils n'acceptaient pas de compromis sur des questions de morale¹²². » Stallman non plus. Les logiciels propriétaires étaient « néfastes », disait-il, parce qu'« ils exigeaient des gens qu'ils acceptent de ne pas partager et c'est cela qui rendait la société répugnante ». Le moyen de résister aux forces du mal et de les vaincre était donc pour lui la création de logiciels libres.

En 1982, dégoûté par l'égoïsme qui semblait s'être emparé de la société à l'ère Reagan tout comme des entrepreneurs du logiciel, Stallman se lança dans une mission : créer un système d'exploitation qui soit libre et totalement autonome (« non propriétaire »). Afin d'empêcher le MIT d'en revendiquer les droits, il démissionna de son poste au Laboratoire d'intelligence artificielle, en conservant toutefois, grâce à l'indulgence de son supérieur, sa clé et le droit d'utiliser les ressources du laboratoire. Le système d'exploitation que Stallman décida de développer serait comparable et compatible avec UNIX, système mis au point aux laboratoires Bell en 1971 et la référence pour la plupart des universités et des hackers. Avec un humour subtil de programmeur, Stallman créa un acronyme récursif pour son système d'exploitation tout neuf, GNU, qui signifiait *GNU's Not UNIX* – « GNU n'est pas UNIX ».

Dans le numéro de mars 1985 du *Dr. Dobbs's Journal*, publication émanant du Homebrew Computer Club et de la *People's Computer Company*, Stallman publia un manifeste : « Je considère que la règle d'or exige que si un programme me plaît je dois le partager avec d'autres personnes à qui il plaît. Les vendeurs de logiciels veulent diviser les utilisateurs et les vaincre en obligeant chaque utilisateur à s'engager à ne pas partager avec les autres. Je refuse de rompre ainsi ma solidarité avec les autres utilisateurs [...] Une fois que GNU sera rédigé, tout le monde pourra obtenir de bons systèmes d'exploitation libres comme l'air¹²³. »

L'appellation *Free Software Movement* prêtait à confusion. L'objectif du mouvement n'était pas d'exiger que tous les logiciels soient libres de droits – donc gratuits –, mais qu'ils soient exemptés de toute restriction. Stallman était sans cesse obligé d'expliquer que « lorsque nous qualifions un logiciel de “libre”, nous voulons dire qu'il respecte les libertés essentielles de l'utilisateur : la liberté de l'exécuter, de l'étudier et de le modifier et d'en distribuer des copies, avec ou sans changements. C'est une question de liberté et non de prix, alors pensez à la “liberté d'expression”, pas à la “bière gratuite”. »

Pour Stallman, le mouvement du logiciel libre n'était pas simplement un moyen de développer des logiciels produits par les pairs : c'était un impératif moral visant à produire une société généreuse. Les principes mis en avant par le mouvement étaient « essentiels, non seulement pour l'utilisateur individuel, mais pour la société dans son ensemble, parce qu'ils encouragent la solidarité sociale, c'est-à-dire le partage et la coopération¹²⁴ ».

Pour sanctifier et certifier ce credo, Stallman introduisit une licence publique générale GNU et aussi le concept, suggéré par un ami, du *copyleft*, inversion facétieuse « droite-gauche » de copyright. L'essence de la licence publique générale GNU était de donner « à tout un chacun la permission d'exécuter le programme, de copier le programme, de modifier le programme et d'en diffuser des versions modifiées – mais pas la permission de lui ajouter soi-même des restrictions¹²⁵ ».

Stallman rédigea personnellement les premiers éléments du système d'exploitation GNU – un éditeur de texte, un compilateur et bien d'autres outils. Mais il devenait de plus en plus évident qu'il manquait un élément essentiel. « Et le noyau ? » demanda le magazine *Byte* dans une interview de Stallman en 1986. Module central de tout système d'exploitation, le noyau traite les requêtes émanant des programmes et les transforme en instructions pour l'unité centrale de l'ordinateur. « Je suis en train de terminer le compilateur avant de me mettre au travail sur le noyau, répondit Stallman. Je vais aussi être obligé de récrire le système de fichiers¹²⁶. »

Pour diverses raisons, il eut du mal à terminer l'élaboration d'un noyau pour GNU. Puis, en 1991, il y en eut un de disponible, qui n'émanait pas de Stallman ni de sa Free Software Foundation, mais d'une source tout à fait inattendue : un juvénile et souriant Finnois suédophone, étudiant à l'université d'Helsinki, nommé Linus Torvalds.

Le père de Linus Torvalds était membre du parti communiste et

journaliste de télévision, et sa mère, ancienne étudiante radicalisée, était journaliste de la presse écrite, mais pendant son enfance à Helsinki le jeune Linus s'intéressa plus à la technologie qu'à la politique¹²⁷. Il se décrivait lui-même comme « bon en maths, bon en physique, et sans aucune grâce sociale que ce soit, et c'était avant que le fait d'être un *nerd* soit bien vu¹²⁸ ». Surtout en Finlande.

Quand il eut dix ans, son grand-père, professeur de statistiques à l'université, lui donna un vieux Commodore Vic 20, l'un des premiers ordinateurs individuels. Torvalds commença à écrire ses propres programmes en BASIC, dont un qui affichait à répétition « Sara est la meilleure » pour amuser sa petite sœur. « L'une de mes plus grandes joies, disait-il, c'était d'apprendre que l'informatique est comme les mathématiques : on peut créer son propre monde avec ses propres règles. »

Restant sourd aux suggestions de son père qui le pressait d'apprendre à jouer au basket, Torvalds se concentra à la place sur l'écriture des programmes en langage machine, les instructions numériques directement exécutées par l'unité centrale d'un ordinateur, ce qui lui donna la joie « d'avoir une relation intime avec une machine ». Plus tard, il se félicita d'avoir appris l'assembleur et le langage machine sur un matériel très basique : « Les ordinateurs étaient en réalité plus intéressants pour les enfants quand ils étaient moins sophistiqués, quand des nullards comme moi pouvaient bricoler sous le capot¹²⁹. » À l'instar des moteurs de voiture, les ordinateurs finirent par être difficiles à démonter et remonter.

Après s'être inscrit à l'université d'Helsinki en 1988 et avoir accompli son année de service militaire, Torvalds s'acheta un clone IBM doté d'un processeur Intel 386. Peu impressionné par le MS-DOS produit par Gates et Microsoft, il décida d'installer UNIX, qu'il avait appris à aimer sur les gros systèmes informatiques de l'université. Mais UNIX coûtait cinq mille dollars par exemplaire et n'était pas configuré pour tourner sur un ordinateur domestique. Torvalds entreprit d'y remédier.

Il lut un ouvrage sur les systèmes d'exploitation écrit par un professeur d'informatique d'Amsterdam, Andrew Tanenbaum, qui avait développé MINIX, un petit clone d'UNIX, à des fins pédagogiques. Résolu à remplacer le MS-DOS par MINIX sur son PC, Torvalds acheta la licence d'exploitation pour cent soixante-neuf dollars (« j'ai trouvé ça scandaleux »), installa le contenu des seize disquettes puis se mit à compléter et à modifier MINIX à son goût.

Sa première addition était un programme d'émulation de terminal de façon à se connecter à l'ordinateur central de l'université. Il rédigea

le programme à partir de zéro en assembleur, « au niveau matériel minimal » pour ne pas à avoir à dépendre de MINIX. À la fin du printemps 1991, il commença à programmer juste au moment où le soleil sortait de son hibernation. Tout le monde était dehors, sauf lui. « Je passais le plus clair de mon temps en peignoir, penché sur mon très peu séduisant nouvel ordinateur, avec d'épais rideaux noirs aux fenêtres pour me protéger du soleil. »

Une fois qu'il eut réussi à faire fonctionner un émulateur de terminal rudimentaire, il voulut pouvoir télécharger et charger des fichiers, aussi élaborait-il un pilote de disque et un pilote de système de fichier. « Quand j'ai fait ça, il était déjà clair que le projet se dirigeait vers la construction d'un système d'exploitation. » Autrement dit, il se lançait dans l'élaboration d'un ensemble de logiciels qui pourrait servir de noyau à un système d'exploitation inspiré d'UNIX. « Une minute, toujours vêtu de mon vieux peignoir, je suis en train de pianoter sur un émulateur de terminal doté de fonctions supplémentaires. La minute d'après, je m'aperçois qu'il accumule tellement de fonctions qu'il est devenu un nouveau système d'exploitation en cours de construction. » Torvalds identifia les centaines d'« appels système » dont était capable UNIX pour faire exécuter à l'ordinateur des opérations de base comme Ouvrir et Fermer, Lire et Écrire, puis rédigea des programmes pour les mettre en œuvre à sa manière. Il habitait encore dans l'appartement de sa mère et se disputait souvent avec sa sœur, qui avait une vie normale, parce que son modem monopolisait leur ligne téléphonique. « Personne ne pouvait nous appeler », déplorait-elle¹³⁰.

Au début, Torvalds voulait appeler son nouveau logiciel « Freax », concaténation de *free* et de *freaks* évoquant la liberté du logiciel et les chevelus excentriques, le « x » final étant censé rappeler celui d'UNIX. Mais ce nom déplut à l'administrateur du site FTP qu'il utilisait, et Torvalds opta pour « Linux », qu'il prononçait sans diphtonguer le *i*, comme son prénom scandinave¹³¹. « Je n'ai jamais voulu utiliser ce nom, parce que je trouvais que, hein, c'était un peu égocentrique », disait-il. Il admettrait plus tard qu'une partie de son ego appréciait une reconnaissance tardive après avoir vécu tant d'années dans le corps d'un *nerd* renfermé, et qu'il ne regrettait pas d'avoir choisi ce nom¹³².

Au début de l'automne 1991, quand le soleil d'Helsinki commença à disparaître, Torvalds réapparut avec la coquille génératrice de son système, qui contenait dix mille lignes de code^{*5}. Au lieu d'essayer de commercialiser ce qu'il avait produit, il décida carrément de le mettre à disposition gratuitement. Il avait récemment assisté avec un ami à une conférence de Stallman, qui était devenu un prédicateur itinérant

et parcourait le globe pour répandre la doctrine du logiciel libre. En réalité, Torvalds ne se convertit ni n'embrassa le dogme : « Ça n'a probablement pas eu un grand impact sur ma vie à ce stade. Je m'intéressais au côté technologique de la chose, pas au côté politique – il y avait déjà assez de politique comme ça à la maison¹³³. » Il n'empêche qu'il voyait très bien les avantages d'un logiciel ouvert. Presque par instinct plutôt que par choix philosophique, il avait l'impression que Linux devrait être librement partagé dans l'espoir que quiconque l'utiliserait pourrait contribuer à l'améliorer.

Le 5 octobre 1991, il afficha un message impertinent sur le forum MINIX : « Avez-vous la nostalgie des beaux jours de minix-1.1, quand les hommes étaient des hommes et élaboraient eux-mêmes les pilotes de leurs périphériques ? Je travaille sur une version libre d'un sosie de minix pour ordinateurs AT-386. Elle a enfin atteint le stade où elle est même utilisable (ou peut-être pas, cela dépend de vos besoins), et je suis disposé à en publier les sources pour une diffusion plus vaste¹³⁴. »

« La décision d'afficher ça ne m'a pas coûté grand-chose, raconte Torvalds. C'est dire à quel point j'étais habitué à échanger des programmes. » Dans le monde informatique, il y avait (et il y a encore) une forte culture du *shareware* – le logiciel partagé –, système dans lequel les gens envoient volontairement quelques dollars à quelqu'un dont ils ont téléchargé le programme : « Je recevais des courriels de gens qui me demandaient si je voulais qu'ils m'envoient, disons, trente dollars. » Il avait économisé cinq mille dollars sur ses bourses d'étude et payait encore cinquante dollars par mois pour rembourser le crédit de son ordinateur. Mais au lieu de solliciter des dons, il demanda des cartes postales. Elles commencèrent à arriver à flots de la part de tous les gens qui utilisaient Linux dans le monde entier. « Sara était chargée de relever le courrier, et elle a été soudain impressionnée de voir que son grand frère combatif avait on ne sait comment des nouvelles de ses nouveaux amis au bout du monde. C'était pour elle le premier indice prouvant que je faisais quelque chose de potentiellement utile pendant les nombreuses heures où j'occupais la ligne. »

La décision de Torvalds de ne pas réclamer d'argent était motivée par diverses raisons, comme il l'expliquerait plus tard, y compris le désir de respecter la tradition familiale :

« J'avais l'impression de marcher sur les traces des scientifiques et des universitaires qui, au cours des siècles, avaient édifié leur œuvre sur les bases posées par les autres [...] Je voulais aussi avoir des réactions (O.K., et des éloges). Il n'était pas logique de faire payer des gens qui allaient potentiellement contribuer à améliorer mon

travail. Je suppose que j'aurais eu une démarche différente si je n'avais pas grandi en Finlande, où quiconque manifeste le moindre signe de cupidité est regardé d'un œil soupçonneux, sinon envieux. Et, oui, j'aurais sans aucun doute abordé toute la question du non-paiement très différemment si je n'avais pas été élevé sous l'influence d'un grand-père universitaire pur et dur et d'un père communiste pur et dur lui aussi. »

« Il n'y a jamais rien de bon dans la cupidité », déclara un jour Torvalds. Sa démarche contribua à le transformer en un héros populaire qu'on vénérât lors de congrès et sur les couvertures de magazines comme l'anti-Bill Gates. Ce charmeur se connaissait assez bien pour savoir qu'il aimait jouir de ce prestige et que cela le rendait un peu plus égocentrique que ne le pensaient ses admirateurs : « Je n'ai jamais été le techno-prodige modeste et désintéressé que la presse hallucinée voudrait que je sois¹³⁵. »

Si Torvalds décida d'utiliser la licence publique générale GNU, ce n'est pas parce qu'il acceptait totalement l'idéologie du libre partage de Stelman (ou, en l'occurrence, celle de ses propres parents), mais parce qu'il estimait que laisser les bidouilleurs du monde entier manipuler le code source conduirait à un effort collaboratif ouvert qui ferait de GNU un logiciel véritablement impressionnant : « Quand j'ai mis Linux dans le domaine public, mes motivations étaient plutôt égoïstes. Je ne voulais pas me casser la tête à essayer de m'attaquer à des parties du système d'exploitation que je jugeais merdiques. J'avais besoin d'aide¹³⁶. »

Son instinct avait vu juste. Sa publication du noyau Linux déclencha un tsunami de collaborations *peer-to-peer* bénévoles, et ce processus devint le modèle de la production partagée qui impulserait l'innovation à l'ère numérique¹³⁷. En automne 1982, un an après son lancement, le groupe de discussion dédié à Linux sur Internet comptait déjà des dizaines de milliers d'utilisateurs. Des collaborateurs désintéressés ajoutèrent des améliorations telles qu'une interface graphique à la Windows et des outils pour faciliter le réseautage des ordinateurs. Chaque fois qu'il y avait un bogue, quelqu'un, quelque part, intervenait pour le supprimer. Dans son ouvrage *La Cathédrale et le bazar*, Eric Raymond, l'un des théoriciens fondateurs du mouvement du logiciel ouvert, exposa ce qu'il appela la « loi de Linus » : « Étant donné suffisamment d'observateurs, tous les bogues sautent aux yeux¹³⁸. »

Le partage entre pairs et la collaboration fondée sur un terrain commun n'étaient pas des nouveautés. Un domaine entier de la

biologie évolutive s'est constitué autour de la question de savoir pourquoi les humains et les membres de certaines autres espèces coopèrent selon des modes apparemment altruistes. La tradition des associations bénévoles, qui se rencontre dans toutes les sociétés, était particulièrement forte dans l'Amérique des débuts, ainsi qu'en témoignaient les entreprises coopératives allant des ouvroirs de couture à la construction collective des granges. « Dans aucun autre pays du monde le principe d'association n'a été utilisé avec plus de succès, ou plus généreusement appliqué à une multitude d'objets différents qu'en Amérique », écrivait Tocqueville¹³⁹. Dans son *Autobiographie*, Benjamin Franklin exposait tout un credo civique, avec la devise « Répandre des bienfaits pour la communauté est d'essence divine », afin d'expliquer sa formation d'associations bénévoles pour créer un hôpital, une milice, un corps de balayeurs, une brigade de pompiers, une bibliothèque de prêt, une patrouille de nuit et bien d'autres entreprises communautaires.

Le corps de bidouilleurs qui se créa autour de GNU et de Linux montra qu'au-delà des récompenses financières, les incitations émotionnelles peuvent motiver une collaboration bénévole. « L'argent n'est pas le plus grand des motivateurs, disait Torvalds. Les gens produisent leur meilleur travail quand ils sont mus par la passion. Quand ils y prennent plaisir. C'est aussi vrai pour les dramaturges, les sculpteurs et les entrepreneurs que ça l'est pour des ingénieurs logiciel. Il y a aussi, consciemment ou pas, un certain intérêt personnel. « Les bidouilleurs sont aussi motivés, en grande partie, par l'estime dont ils peuvent jouir aux yeux de leurs pairs en apportant de solides contributions [...] Tout un chacun veut impressionner ses pairs, améliorer sa réputation, relever son statut social. Le développement de l'open source en donne aux programmeurs la possibilité. »

Dans sa « Lettre ouverte aux amateurs », où il déplorait le partage non autorisé du Microsoft BASIC, Gates demandait sur le ton de la réprimande : « Qui peut avoir les moyens d'accomplir un travail professionnel sans être rémunéré ? » Torvalds trouva ce point de vue bizarre. Gates et lui venaient de deux cultures très différentes – le milieu universitaire radicalisé à tendance communiste d'Helsinki opposé à l'élite entrepreneuriale de Seattle. Gates avait peut-être fini par avoir la plus grande demeure, mais Torvalds récolta l'adulation des anticonformistes. « Les journalistes, disait-il avec une lucidité ironique, semblaient adorer le fait que Gates vivait dans une résidence high-tech au bord d'un lac tandis que je trébuchais sur les jouets de ma fille dans les trois pièces d'une maison en rez-de-chaussée à la plomberie défectueuse. Et ce, dans l'ennuyeuse localité de Santa Clara.

Et que je roulais dans une vulgaire Pontiac. Et que je répondais moi-même au téléphone. On ne pouvait que m'adorer, non ? »

Torvalds réussit à maîtriser l'art, typique de l'ère numérique, d'être le leader plébiscité d'une collaboration massive, décentralisée et non hiérarchique, ce que Jimmy Wales faisait avec Wikipedia à peu près à la même époque. La première règle dans une telle situation est de prendre des décisions comme un ingénieur, en se fondant sur le mérite technique plutôt que sur des considérations personnelles. « C'était pour moi un moyen d'obtenir la confiance des gens, explique Torvalds. Quand les gens vous font confiance, ils suivent vos conseils. » Il se rendit compte aussi que les dirigeants d'un collectif bénévole doivent encourager les autres à suivre leur passion et non leur donner des ordres : « Le meilleur et le plus efficace moyen de diriger est de laisser les gens faire des trucs parce qu'ils veulent les faire, et non parce que vous voulez qu'ils les fassent. » Pareil leader sait comment émanciper des groupes jusqu'à l'auto-organisation. Faite correctement, une structure de gouvernance par consensus émerge naturellement, comme cela s'est produit à la fois pour Linux et Wikipedia. « Ce qui étonne des tas de gens, c'est que le modèle de l'open source marche effectivement, dit Torvalds. Les gens savent qui a été actif et à qui ils peuvent faire confiance, et ça marche tout seul. Pas de vote. Pas d'ordres. Pas de recomptages¹⁴⁰. »

La combinaison de GNU avec Linux représentait, au moins au niveau du concept, le triomphe de la croisade de Richard Stallman. Mais les prophètes moraux se complaisent rarement à célébrer leurs victoires. Stallman était un puriste. Pas Torvalds. Le noyau Linux qu'il finit par diffuser contenait quelques bribes de logiciel propriétaire. Il pouvait y être remédié ; et, de fait, la Free Software Foundation de Stallman en créa une version qui était complètement libre et autonome. Mais il y avait pour Stallman un problème plus profond et plus émotionnel. Il se plaignait que désigner par « Linux » le système d'exploitation, ce que presque tout le monde faisait, était un abus de langage. Linux était le nom du noyau. Le système tout entier devrait s'appeler GNU/Linux, soulignait-il, parfois agressivement. Un spectateur qui avait assisté à une exposition de logiciels se rappela comment Stallman avait réagi quand un garçon de quatorze ans un peu nerveux lui avait posé une question sur Linux. Et il le sermonna plus tard vigoureusement : « J'ai tout vu : tu as démolé le pauvre même, il a tiré une sale tronche et sa dévotion à toi et à ta cause s'est ratatinée d'un coup¹⁴¹. »

Stallman tenait aussi à ce que l'objectif soit de créer ce qu'il appelait

des « logiciels libres » (*free software*), expression qui reflétait une obligation morale de partager. Il critiquait l'expression que Torvalds et Eric Raymond commencèrent à employer, « logiciels à code source ouvert » (*open-source software*), qui soulignait l'objectif pragmatique de faire collaborer les utilisateurs pour créer des logiciels avec plus d'efficacité. Dans la pratique, la plupart des logiciels dit « libres » sont aussi « open source », et vice versa ; on les assimile habituellement sous la rubrique des « logiciels libres et en open source ». Or, pour Stallman, ce n'était pas seulement la manière dont vous produisiez votre logiciel qui comptait, mais aussi vos motivations. Sinon le mouvement risquait de tomber dans le compromis et de se corrompre.

Ces différends dépassèrent le stade littéral et devinrent parfois idéologiques. Moralement sûr de lui et comme auréolé d'intransigeance, Stallman déplorait que « quiconque encourage l'idéalisme aujourd'hui affronte un gros obstacle : l'idéologie dominante encourage les gens à réfuter l'idéalisme comme étant "impraticable"¹⁴². » Torvalds, au contraire, n'avait aucune honte à avoir le sens pratique de l'ingénieur : « Je conduisais les pragmatistes. J'ai toujours pensé que les idéalistes sont intéressants, mais quelque peu ennuyeux et inquiétants¹⁴³. »

Torvalds avouait « ne pas être un grand admirateur » de Stallman. « Je n'aime pas les gens arrêtés sur une idée fixe, expliquait-il. Et je ne pense pas non plus que les gens qui voient le monde en noir et blanc soient très sympathiques ou, en dernière analyse, très utiles. Le fait est que tout problème n'a pas que deux aspects antagonistes, il y a toujours une gamme de réponses, et "ça dépend" est presque toujours la réponse correcte à toute question importante¹⁴⁴. » Il croyait aussi qu'il devrait être permis de gagner de l'argent avec des logiciels en open source. « Le principe de l'open source est de laisser tout le monde participer. Pourquoi faudrait-il en exclure le commerce, qui alimente si puissamment les avancées technologiques de la société¹⁴⁵ ? Les logiciels veulent peut-être être libres (et gratuits), mais les gens qui les écrivent veulent peut-être nourrir leurs enfants et récompenser leurs investisseurs.

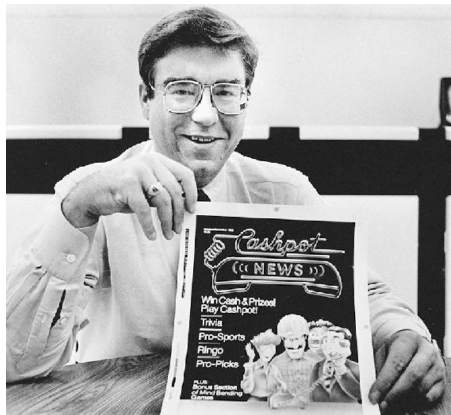
Ces querelles ne devraient pas faire oublier les prouesses stupéfiantes qui furent l'œuvre de Stallman, Torvalds et de leurs milliers de collaborateurs. La combinaison de GNU et de Linux a créé un système d'exploitation qui s'est avéré « portable » sur plus de plates-formes, depuis les dix plus gros superordinateurs du monde jusqu'aux téléphones mobiles, que tout autre système d'exploitation. « Linux est subversif, écrivait Eric Raymond. Qui aurait cru qu'un

système d'exploitation de classe mondiale puisse se concrétiser comme par magie à partir du bidouillage à temps perdu de plusieurs milliers de développeurs dispersés sur toute la planète, uniquement connectés par les fils ténus d'Internet¹⁴⁶ ? » En plus d'être devenu un système d'exploitation remarquable, il a inspiré la production collaborative fondée sur un terrain commun dans d'autres domaines, depuis le navigateur Firefox de Mozilla jusqu'au contenu de Wikipedia.

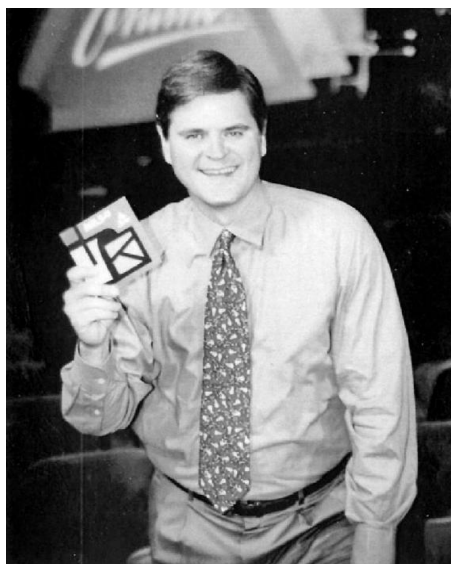
Dans les années 1990 existaient déjà de nombreux modèles de développement de logiciels. Il y avait la démarche Apple, qui liait étroitement le matériel au logiciel du système d'exploitation, du Macintosh à l'iPhone en passant par tous les « iProduits » intermédiaires. Elle débouchait sur une expérience utilisateur sans failles. Il y avait la démarche Microsoft, dans laquelle le système d'exploitation était indépendant du matériel. Ce qui donnait plus de choix aux utilisateurs. En outre, il y avait les démarches du logiciel libre et de l'open source, qui permettaient au logiciel d'être complètement autonome et d'être modifiable par n'importe quel utilisateur. Chaque modèle avait ses avantages, chacun avait ses propres incitations à la créativité, chacun avait ses prophètes et ses disciples. Mais la démarche la plus fructueuse était de faire coexister les trois modèles, avec, en parallèle, diverses combinaisons de logiciels ouverts et fermés, liés et autonomes, propriétaires et libres. Windows et Mac, UNIX et Linux, iOS et Android : des démarches variées en concurrence pendant des décennies, qui se stimulent mutuellement et surtout empêchent qu'un modèle devienne dominant au point d'étouffer l'innovation.



Larry Brilliant (né en 1944) et Stewart Brand dans la péniche aménagée de Brand en 2010.



William von Meister (1942-1995).



Steve Case (né en 1958).

*1. Après être devenus riches et célèbres, Gates et Allen financèrent un nouveau bâtiment des sciences à Lakeside, dont l'auditorium porte le nom de Kent Evans.

*2. La réticence de Steve Wozniak à se coller avec cette tâche ingrate quand il écrivait un BASIC pour l'Apple II forçait plus tard Apple à utiliser sous licence le BASIC d'Allen et Gates.

*3. En lisant sur Internet une version provisoire du présent ouvrage, Steve Wozniak a dit que Dan Sokol n'avait fait que huit copies, parce qu'elles étaient difficiles à faire et que cela prenait beaucoup trop de temps. Mais John Markoff, qui avait relaté l'incident dans *Ce que disait le Loir*, m'a communiqué (ainsi qu'à S. Wozniak et à L. Felsenstein) la transcription de son entretien avec Dan Sokol, lequel disait qu'il s'était servi d'un PDP-11 doté d'un lecteur/perforateur de bande à grande vitesse. Chaque soir, il faisait des copies, et il estimait en avoir fait en tout soixante-quinze.

*4. Les juristes avaient raison de s'inquiéter. Microsoft fut plus tard impliqué dans un interminable procès antitrust mené par le ministère de la Justice, qui l'accusa d'avoir abusé de

sa position dominante sur le marché des systèmes d'exploitation pour s'octroyer un avantage dans les navigateurs et d'autres produits. L'affaire fut finalement réglée quand Microsoft eut accepté de modifier certaines de ses pratiques.

*5. En 2009, la version Debian 5.0 de GNU/Linux comportait trois cent vingt-quatre millions de lignes de code, et une étude estima que son développement par des moyens conventionnels aurait coûté huit milliards de dollars (<http://gsyc.es/~frivas/paper.pdf>).

10.

En ligne

Internet et l'ordinateur individuel naquirent tous les deux dans les années 1970, mais se séparèrent en grandissant. Évolution insolite, d'autant plus qu'ils continuèrent de se développer séparément pendant plus d'une décennie. C'était d'abord à cause d'une différence d'état d'esprit entre les gens qui embrassaient les joies du réseautage et ceux qui avaient le vertige à la pensée de pouvoir disposer de leur propre ordinateur. Contrairement aux utopistes du projet Community Memory qui adoraient fonder des communautés virtuelles, beaucoup des premiers fans de l'ordinateur individuel étaient des geeks qui voulaient faire cavalier seul sur leur propre machine, du moins au début.

Il y avait aussi une raison plus concrète à cette évolution séparée de l'informatique individuelle et des réseaux. L'ARPANET des années 1970 n'était pas ouvert aux citoyens ordinaires. En 1981, Lawrence Landweber, de l'université du Wisconsin, réunit un consortium d'universités non connectées à ARPANET pour créer un autre réseau fondé sur les protocoles TCP/IP, qui fut appelé CSNET. « Le réseautage n'était disponible que pour une petite fraction de la communauté des chercheurs en informatique à l'époque », confirmerait Landweber en 2014¹. CSNET devint le précurseur d'un réseau financé par la National Science Foundation, NSFNET. Mais même après qu'ils furent tous intégrés à la trame d'Internet au début des années 1980, il était difficile pour un simple particulier disposant d'un ordinateur individuel d'accéder au réseau. Il fallait en général être affilié à une université ou à un établissement de recherche pour pouvoir se

connecter.

Si bien que pendant presque quinze ans, à partir du début des années 1970, la croissance d'Internet et le boom de l'informatique individuelle progressèrent en parallèle. Ils ne s'imbriquèrent pas avant la fin des années 1980, quand des particuliers, chez eux ou au bureau, purent enfin composer un code et se retrouver en ligne. Ce qui déclencherait une nouvelle phase dans la révolution numérique et concrétiserait la vision de Bush, Licklider et Engelbart, pour qui les ordinateurs augmenteraient l'intelligence humaine en devenant des outils favorisant à la fois la créativité et la collaboration.

Le courrier électronique et la télématique

« La rue trouve toujours le moyen de se servir du progrès à ses propres fins », écrivait William Gibson dans « Gravé sur chrome », sa nouvelle cyberpunk de 1982. De même, les chercheurs qui avaient accès à ARPANET surent s'en servir à leur manière. Ce réseau était censé permettre l'accès à des ressources informatiques en temps partagé. Ce en quoi il fut un modeste échec. En revanche, à l'instar de nombreuses technologies, il se propulsa vers le succès en devenant le véhicule des communications et du réseautage social. L'une des vérités de l'ère numérique est que le désir de communiquer, de se connecter, de collaborer et de former des communautés tend à créer des applications phares. La première qui apparut sur ARPANET fut le courrier électronique (*e-mail*), en 1972.

Le courrier électronique était déjà utilisé par des chercheurs connectés en temps partagé au même ordinateur. Un programme appelé SNDMSG permettait à l'utilisateur d'un gros ordinateur central d'envoyer un message à destination du dossier personnel d'un autre utilisateur du même ordinateur. Fin 1971, Ray Tomlinson, un ingénieur du MIT qui travaillait chez BBN, décida de concocter un programme sympa qui permettrait d'envoyer de tels messages à des dossiers résidant sur d'autres ordinateurs centraux. Il y parvint en combinant SNDMSG avec un programme expérimental de transfert de fichiers appelé CPYNET, qui pouvait échanger des fichiers entre ordinateurs éloignés sur ARPANET. C'est alors qu'il trouva quelque chose d'encore plus ingénieux : afin d'ordonner à un message d'aller dans le dossier d'un utilisateur basé dans un site différent, il utilisa le signe @ de son clavier pour créer la syntaxe d'adressage dont nous nous servons tous désormais : nom d'utilisateur@nom de domaine. Ainsi Tomlinson créa-t-il non seulement le courrier électronique, mais aussi le symbole iconique du monde connecté².

ARPANET permettait à des chercheurs d'un centre donné de puiser dans les ressources informatiques d'un autre centre, mais cela se produisait rarement. Au lieu de quoi le courrier électronique s'imposa comme la principale méthode de collaboration. Le directeur de l'ARPA, Stephen Lukasik, devint l'un des premiers fanatiques du courriel, forçant ainsi tous les chercheurs qui avaient besoin de traiter avec lui à l'imiter. L'étude qu'il commanda en 1973 montra que, moins de deux ans après son invention, le courrier électronique représentait soixante-quinze pour cent du trafic sur ARPANET. « La plus grande surprise du programme ARPANET a été l'incroyable popularité et le succès non moins incroyable du courrier réseauté », concluait un rapport de BBN quelques années plus tard. Ce n'aurait pas dû être une surprise. Non seulement le désir de réseautage social impulse les innovations, mais il les coopte aussi.

Le courrier électronique fit plus que faciliter les échanges de messages entre deux utilisateurs d'ordinateurs. Il conduisit à la création de communautés virtuelles, celles qui, ainsi que l'avaient prédit Licklider et Taylor en 1968, étaient « choisies plus sur la base d'une communauté d'intérêts et d'objectifs que par une proximité physique accidentelle. »

Les toutes premières communautés virtuelles démarrèrent avec les chaînes de courriels distribués à de vastes groupes d'abonnés autosélectionnés, qu'on appela ensuite listes de diffusion. La première liste importante fut SF-Lovers, créée en 1975 pour les amateurs de science-fiction. Au début, les responsables de l'ARPA voulaient la supprimer de peur qu'un sénateur quelconque puisse ne pas apprécier que l'argent de l'armée soit utilisé pour soutenir un repaire virtuel de fans de SF, mais les administrateurs du groupe réussirent à faire valoir que c'était un exercice valable pour qui voulait s'entraîner à jongler avec de vastes échanges d'informations.

D'autres méthodes de formation de communautés en ligne apparurent. Certaines utilisaient Internet comme réseau de base ; d'autres étaient plus orientées. En février 1978, deux membres du groupe d'informaticiens amateurs Chicago Area Computer Hobbyists' Exchange, Ward Christensen et Randy Suess, se trouvèrent bloqués par une tempête de neige exceptionnelle. Ils profitèrent de ce repos forcé pour développer le premier serveur télématique (BBS pour *Bulletin Board System*), qui permettait aux hackers, aux informaticiens amateurs et à des « sysops » (*system operators*) autoproclamés de monter leurs propres forums en ligne et de proposer des fichiers, des logiciels piratés, des informations et l'affichage de messages. Quiconque disposait d'un moyen de se connecter en ligne pouvait participer. L'année suivante, des étudiants de l'université Duke et de

l'université de Caroline du Nord, qui n'étaient pas encore connectées à Internet, développèrent un autre système, hébergé sur des ordinateurs individuels, qui proposait des forums de discussion avec des fils conducteurs pour les questions et réponses. On l'appela Usenet, et les catégories des messages affichés devinrent des groupes ou forums de discussion (*newsgroups*) spécialisés. En 1984, il y avait déjà près d'un millier de terminaux Usenet dans des universités et d'autres établissements d'un bout à l'autre des États-Unis.

Même avec l'apparition de ces serveurs télématiques et des forums Usenet, la plupart des simples particuliers possesseurs d'ordinateurs individuels avaient bien du mal à rejoindre des communautés virtuelles. Il leur fallait un moyen de se connecter, ce qui n'était pas facile à partir de leur domicile ou même de la plupart des bureaux. C'est alors qu'au début des années 1980 apparut une innovation, mi-technologique mi-juridique, qui semblait mineure au départ, mais qui eut un énorme impact.

Les modems

Le petit appareil qui réalisa enfin la liaison entre l'ordinateur de salon et les réseaux mondiaux s'appelait un modem. Il pouvait moduler et démoduler (d'où son nom) un signal analogue tel que celui acheminé par un circuit téléphonique afin d'émettre et de recevoir des informations sous forme numérique. Il permettait ainsi aux particuliers de connecter leurs ordinateurs à d'autres par l'intermédiaire d'une ligne téléphonique. La révolution en ligne pouvait alors commencer^{*1}.

Elle mit longtemps à venir, car AT&T avait un quasi-monopole sur le système téléphonique américain et contrôlait même le matériel que vous utilisiez chez vous. Vous ne pouviez pas connecter quoi que ce soit à votre ligne téléphonique, ni même à votre téléphone, à moins que « Maman Bell » vous l'ait loué ou approuvé. Bien qu'AT&T ait proposé des modems dans les années 1950, ils étaient lents et hors de prix, principalement conçus pour un usage militaire ou industriel, et pas vraiment pour inciter des électroniciens amateurs à créer des communautés virtuelles.

C'est alors qu'il y eut l'affaire du *Hush-A-Phone*. Il s'agissait d'un simple dispositif en plastique dont on coiffait la partie microphone du combiné pour amplifier la voix : en parlant moins fort, on réduisait le risque d'être écouté par l'entourage. Il existait depuis vingt ans sans faire de mal à personne lorsqu'un juriste de chez AT&T en aperçut un dans une vitrine. La société décida d'attaquer le fabricant en justice,

alléguant que tout dispositif externe non agréé par elle, y compris un petit cône en plastique, était susceptible de porter atteinte à son réseau. Ce qui montre jusqu'où AT&T était capable d'aller pour protéger son monopole.

Par bonheur, ses efforts se retournèrent contre elle. Elle fut déboutée par une cour d'appel fédérale, et les barrières interdisant de se brancher sur son réseau commencèrent à s'effondrer. Il était toujours illégal de brancher un modem électroniquement sur le réseau téléphonique, mais on pouvait y parvenir d'une manière mécanique, par exemple en prenant le combiné et en le posant dans les oreillettes à ventouse d'un coupleur acoustique. Au début des années 1970, il existait quelques modems de ce type, dont le Pennywhistle, conçu par Lee Felsenstein pour une clientèle d'amateurs, qui pouvait émettre et recevoir des signaux numériques à la cadence de trois cents bits par seconde*2.

La deuxième étape fut réalisée lorsqu'un cow-boy texan obstiné gagna, après une bataille juridique de douze ans qu'il finança en vendant son bétail, le droit pour ses clients de communiquer avec lui au moyen d'un combiné téléphonique de son invention adapté à la radio. Il fallut quelques années pour élaborer toute la réglementation, mais dès 1975 la Commission fédérale des communications (FCC) ouvrit la voie aux consommateurs désirant raccorder des dispositifs électroniques au réseau.

Les règles étaient draconiennes, vu le lobbying intensif d'AT&T, si bien qu'à l'origine les modems électroniques étaient relativement onéreux. Mais en 1981, Hayes commercialisa son Smartmodem. On pouvait le brancher directement sur une ligne téléphonique et le connecter à un ordinateur, sans avoir besoin d'un poussif et encombrant coupleur acoustique. Bricoleurs, cyberpunks et autres pionniers, mais aussi l'utilisateur moyen d'un ordinateur de salon pouvaient saisir le numéro d'un fournisseur d'accès, retenir leur souffle en attendant le grincement parasite qui annonçait l'établissement de la connexion, puis se brancher sur les communautés virtuelles qui se formaient autour des services télématiques, des forums Usenet, des listes de diffusion et autres bonnes adresses en ligne.

The WELL

Presque à chaque décennie de la révolution numérique, l'amuseur amusé Stewart Brand trouvait le moyen d'être là où se chevauchaient la technologie, la communauté et la contre-culture. Il avait produit le

spectacle techno-psychédélique pour le Trips Festival de Ken Kesey, réalisé un reportage sur *Spacewar* et le Xerox PARC pour *Rolling Stone*, co-organisé la Mère de toutes les démos de Douglas Engelbart et fondé le *Whole Earth Catalog*. Il n'était donc pas surprenant que, en automne 1984, juste au moment où les modems devenaient disponibles et les ordinateurs individuels conviviaux, Brand contribue à imaginer l'idée d'un prototype de communauté en ligne, The WELL.

Tout commença lorsque Brand reçut la visite d'un autre de ces créateurs ludiquement sérieux de la contre-culture technologique, Larry Brilliant. Médecin et épidémiologiste, Brilliant avait le désir irrésistible de changer le monde tout en s'amusant. Il avait été le médecin de service lors de l'occupation d'Alcatraz par les Indiens, cherché la spiritualité dans un ashram himalayen avec le célèbre gourou Neem Karoli Baba (c'est là que son chemin croisa pour la première fois celui de Steve Jobs), s'était engagé dans la campagne de l'Organisation mondiale de la santé pour éradiquer la variole et, avec le soutien de Jobs et de sommités de la contre-culture comme Baba Ram Dass et Wavy Gravy (Richard Alpert et Hugh Romney), avait créé la fondation Seva, axée sur la lutte contre la cécité dans les communautés défavorisées du monde entier.

Lorsqu'un des hélicoptères utilisés par la fondation Seva au Népal eut des problèmes mécaniques, Brilliant recourut à un système de consultation à distance avec un Apple II donné par Jobs pour organiser une mission de réparation. Il fut impressionné par le pouvoir potentiel des groupes de discussion en ligne. Quand il alla enseigner à l'université du Michigan, il contribua à édifier une entreprise autour d'un système de forums qu'il avait créé sur le réseau de l'université. Connu sous le nom de PicoSpan, il permettait à ses usagers d'afficher des commentaires sur divers sujets et les organisait en fils de discussion pour permettre à tous les participants de les lire. L'idéalisme de Brilliant, son techno-utopisme et son esprit d'entreprise se complétaient harmonieusement. Il se servit du système de consultation à distance pour apporter de l'aide médicale à des hameaux asiatiques et organiser des missions de dépannage.

Lorsque Brilliant se rendit à un colloque à San Diego, il appela son vieil ami Stewart Brand pour l'inviter à dîner. Ils se retrouvèrent dans un restaurant en bord de mer près du site où Brand s'était programmé une journée de plongée naturiste. Brilliant avait deux objectifs liés : populariser le logiciel PicoSpan et créer une communauté intellectuelle en ligne. Il vanta à Brand les mérites d'un partenariat dans lequel lui, Brilliant, apporterait deux cent mille dollars de capital, achèterait l'ordinateur et fournirait le logiciel. « Stewart gérerait ensuite le système et l'étendrait au travers de son réseau de

gens intelligents et intéressants, explique Brilliant³. Mon idée était d'utiliser cette technologie nouvelle comme un moyen de discuter de tout ce qu'on trouvait dans le *Whole Earth Catalog*. Il peut y avoir un réseau social autour des couteaux suisses, des cuisinières solaires ou de n'importe quoi⁴. »

Brand transforma l'idée en un concept plus grandiose : créer la communauté en ligne la plus stimulante du monde où les gens puissent discuter de tout ce qu'ils voudraient. « Il n'y a qu'à démarrer une conversation et récupérer les gens les plus intelligents du monde, suggéra-t-il. Et on les laisse choisir de quoi ils veulent parler⁵. » Brand trouva un nom, The WELL, rétroactivement défini comme l'acronyme de *Whole Earth 'Lectronic Link*. « Il était toujours intéressant d'avoir une apostrophe facétieuse dans un nom », dirait-il plus tard⁶.

Brand se fit le champion d'un concept abandonné par de nombreuses communautés virtuelles ultérieures, mais capital pour faire de The WELL un service fondateur. Les participants ne pouvaient pas être totalement anonymes : s'ils pouvaient recourir à un pseudo, il leur fallait toutefois décliner leur véritable identité lors de l'inscription, et les autres membres pouvaient savoir qui ils étaient. Le credo de Brand, qui s'affichait sur l'écran d'accueil, était : « Vos propos vous appartiennent. » Autrement dit, l'usager était responsable du contenu de ses messages.

Comme Internet lui-même, The WELL devint un système aménagé par ses utilisateurs. En 1987, ses forums de discussion regroupés en « conférences » abordaient des sujets qui allaient des Grateful Dead (le plus populaire) à la programmation sous UNIX, en passant par l'éducation des enfants, les extraterrestres et l'écriture de logiciels. Il y avait très peu de hiérarchie ou de contrôle, si bien que le réseau évolua de manière collaborative. Ce qui en fit à la fois une expérience dont on avait du mal à se passer et une expérimentation sociale fascinante. Des ouvrages entiers furent écrits sur The WELL, donc ceux des influents chroniqueurs technologiques Howard Rheingold et Katie Hafner. « Le simple fait d'être sur The WELL, de parler avec des gens dont vous n'envisageriez pas de faire des amis dans tout autre contexte, voilà en quoi résidait sa séduction », écrivait Katie Hafner⁷. D'après Rheingold, « c'est comme si on était au bar du coin, avec les vieux potes, les adorables nouveaux arrivants, et de nouveaux outils à rapporter chez soi, des graffitis et des lettres tout frais, sauf qu'au lieu de prendre ma veste, d'éteindre mon ordinateur et d'aller au coin de la rue, je n'ai qu'à invoquer mon programme de télécommunications et tout le monde est là⁸. » Lorsque Rheingold découvrit que sa fille de deux ans avait une tique sur le cuir chevelu, il trouva comment s'en débarrasser grâce à un médecin sur The WELL avant que son propre

généraliste l'ait rappelé.

Les conversations en ligne pouvaient être animées. Un animateur de discussions, Tom Mandel, qui devint un personnage central de l'ouvrage de Katie Hafner et aida par ailleurs mes collègues et moi-même à gérer les forums en ligne de *Time*, se lançait régulièrement dans des confrontations explosives, les *flame wars*, avec d'autres membres. « J'exprimais mon opinion sur tout, racontait-il. J'ai même déclenché une altercation qui a entraîné la moitié du cyberespace de la côte Ouest dans une bagarre électronique et j'ai été exclu du WELL⁹. » Mais lorsqu'il révéla qu'il était en train de mourir d'un cancer, le soutien fut unanime. « Je suis triste, terriblement triste, je ne peux pas vous dire à quel point je suis triste, à quel point j'ai du chagrin de ne pas pouvoir rester plus longtemps à jouer et à me disputer avec vous », écrivit-il dans un de ses derniers messages¹⁰.

The WELL était l'un des modèles du type de communauté intime et réfléchie qui exista un temps sur Internet. Au bout de trois décennies, il demeure une communauté unie par des liens serrés, mais il a été depuis longtemps dépassé en popularité par des services en ligne plus commerciaux, puis par des sites de discussion moins communautaires. Le repli répandu sur l'anonymat en ligne a sapé la conviction de Brand que les gens devraient être responsables de leurs propos, ce qui rend beaucoup de commentaires en ligne plus superficiels et les discussions moins intimes. Tandis qu'Internet passe par différentes phases – plateforme pour le temps partagé, les communautés, l'édition, les blogs et le réseautage social –, le jour viendra où le désir naturel qu'ont les humains de former des communautés fiables, à la manière du bistrot du coin, se réaffirmera, et où The WELL ou des start-up qui en reproduiront l'esprit seront la prochaine innovation à la mode. Parfois l'innovation implique de recouvrer ce qui a été perdu.

America Online

William von Meister était l'un des premiers exemples de ces nouveaux pionniers qui impulseraient l'innovation numérique à partir de la fin des années 1970. Comme Ed Roberts d'Altair, von Meister était un turbo-entrepreneur en série. Alimentée par la prolifération des capital-risqueurs, cette race d'innovateurs jetait des idées comme des étincelles, recevait une poussée d'adrénaline en prenant des risques et vantait les nouvelles technologies avec un zèle évangélique. Von Meister en était à la fois un exemple et une caricature. Contrairement à Noyce, Gates et Jobs, il ne s'appliquait pas à édifier des entreprises,

mais à les lancer et voir où elles retomberaient. Loin d'avoir peur de l'échec, il en tirait son énergie, et les personnages de sa trempe firent du pardon des insuccès un trait de l'ère d'Internet. Crapule magnifique, il lança neuf sociétés en dix ans, dont la plupart soit firent faillite, soit le congédièrent. Mais à travers ses échecs en série il contribua à définir l'archétype de l'entrepreneur Internet et, dans la foulée, à inventer le commerce en ligne¹¹.

La mère de von Meister était une comtesse autrichienne, et son père, filleul de l'empereur Guillaume II, dirigeait la division américaine de la compagnie allemande de zeppelins qui exploitait le *Hindenburg* jusqu'à son explosion en 1937 ; il dirigea ensuite une succursale d'une société de produits chimiques jusqu'au jour où il fut inculpé de fraude. Son style déteignit sur le jeune Bill, né en 1942, qui semblait bien parti pour égaler l'extravagance ou même la gravité des exploits paternels. Il avait grandi aux Blue Chimneys, une résidence en brique blanchie à la chaux sur un terrain de quatorze hectares au New Jersey. Il adorait s'échapper au grenier pour bricoler son poste de radioamateur et construire des gadgets électroniques. L'une de ses créations était un émetteur radio que son père avait dans sa voiture et dont il se servait pour signaler quand il approchait de la maison en rentrant du travail de façon que les domestiques puissent lui préparer son thé.

Après une scolarité universitaire décousue partagée entre divers établissements de Washington, von Meister entra chez Western Union. Il gagna de l'argent avec un tas de projets commerciaux, dont l'un consistait à recycler du matériel Western Union au rebut, puis lança un service permettant aux gens de dicter des lettres importantes à des centres d'appel pour qu'elles soient distribuées le lendemain. Le service eut du succès, mais, dans ce qui deviendrait une habitude, von Meister fut forcé de partir après avoir dépensé sans compter et sans se préoccuper de la marche de l'entreprise^{*3}.

Von Meister était de la race originelle des entrepreneurs des médias – pensez plutôt à Ted Turner qu'à Mark Zuckerberg –, qui vivaient dans la démesure et mélangeaient si bien la folie et la sagacité qu'elles finissaient presque par se confondre. Il aimait les femmes voyantes et les vins rouges millésimés, les voitures de course et les avions privés, le scotch pur malt et les cigares de contrebande. « Bill von Meister n'était pas seulement un entrepreneur en série, c'était un entrepreneur pathologique, d'après Michael Schrage, qui l'a suivi pour le compte du *Washington Post*. Avec le recul, la plupart des idées de Bill von Meister ne nous semblent pas stupides. Mais à l'époque elles passaient pour farfelues. Le gros risque avec un hurluberlu pareil, c'était de confondre son excentricité avec ses idées, tellement elles s'interpénétraient¹². »

Von Meister continua de se révéler apte à trouver de nouveaux concepts et à lever des fonds auprès des capital-risqueurs, mais pas à gérer quoi que soit. Parmi ses start-up : un système de routage téléphonique groupé pour les entreprises, un restaurant dans la banlieue de Washington, appelé Mc Lean Lunch and Radiator, où les clients pouvaient passer gratuitement des appels longue distance à partir des téléphones sur leurs tables, et un service appelé Infocast qui envoyait des informations à des ordinateurs en squattant les fréquences de données numériques inutilisées des signaux radio FM. Puis, en 1978, lassé de ces entreprises ou mis à l'écart, il combina ses intérêts pour la téléphonie, les ordinateurs et les réseaux de transmission de l'information pour créer un service qu'il appela The Source.

The Source connectait des ordinateurs domestiques via des lignes téléphoniques à un réseau qui offrait des panneaux d'information, des messageries, des articles de journaux, des horoscopes, des guides de restaurants, le classement des vins, du commerce en ligne, la météo, les horaires des avions et les cours de la Bourse. Autrement dit, c'était l'un des premiers services en ligne orientés vers le consommateur. (L'autre était CompuServe, un réseau à temps partagé à vocation commerciale qui, en 1979, s'aventurait timidement sur le marché des consommateurs connectés par modem.) « Il peut emmener votre ordinateur personnel partout dans le monde », proclamait une des premières brochures promotionnelles. Von Meister déclara au *Washington Post* que The Source deviendrait un « service » qui fournirait des informations « comme de l'eau qui coule du robinet ». En plus d'acheminer des informations à domicile, The Source encourageait la création d'une ambiance communautaire avec des forums, des salons de discussion (*chat rooms*) et des zones de partage de fichiers privées où les usagers pouvaient afficher leurs propres écrits pour que d'autres les téléchargent. Lors du lancement officiel du service en juillet 1979 à l'hôtel Plaza de Manhattan, l'écrivain de science-fiction Isaac Asimov assura la promotion en proclamant : « Voici le commencement de l'ère de l'information¹³ ! »

Comme d'habitude, von Meister ne tarda pas à commettre des erreurs de gestion et à gaspiller de l'argent, ce qui lui valut d'être évincé au bout d'un an par son principal bailleur de fonds, avec ce commentaire : « Billy von Meister est un entrepreneur génial, seulement il ne savait pas quand s'arrêter d'entreprendre. » Le service finit par être vendu au *Reader's Digest*, qui le revendit plus tard à CompuServe. Mais, en dépit de sa brève existence, The Source avait inauguré l'ère des réseaux en ligne en montrant que les consommateurs ne voulaient pas seulement recevoir passivement des

informations, mais aussi avoir l'occasion de se connecter avec leurs amis et de générer eux-mêmes un contenu à partager.

L'idée suivante de von Meister, elle aussi légèrement en avance sur son époque, était un disquaire à domicile qui vendrait de la musique en flux continu via les réseaux de télévision câblés. Les chaînes de magasins de disques et les maisons de disques se liguerent pour bloquer cet accès aux chansons, si bien que von Meister, jamais à court d'idées, se tourna vers les jeux vidéo. C'était une cible encore plus mûre : à l'époque, il y avait quatorze millions de consoles de jeux Atari. Ainsi naquit la Control Video Corporation (CVC). Le nouveau service de von Meister permettait aux usagers de télécharger des jeux pour les acheter ou les louer. Il nomma ce service GameLine et commença à le fournir lié avec certains des services d'information qui avaient été proposés par The Source. « Nous allons transformer le jockey des jeux vidéo en un junkie de l'info », proclamait-il¹⁴.

GameLine et CVC s'installèrent dans une allée commerciale du côté de l'aéroport Dulles de Washington. Von Meister choisit un conseil d'administration qui symbolisait le passage officiel du flambeau à une nouvelle race de pionniers d'Internet. Il y avait entre autres Larry Roberts et Leonard Kleinrock, architectes de l'ARPANET originel, et aussi l'audacieux capital-risqueur Frank Caufield, dont l'établissement financier, Kleiner Perkins Caufield & Byers, était devenu le plus influent de Silicon Valley. La banque d'investissement Hambrecht & Quist était représentée par Daniel H. Case III, un suave et énergique natif de Hawaï qui avait étudié à Oxford grâce à une bourse Rhodes, puis était sorti diplômé de Princeton.

Dan Case retrouva von Meister à Las Vegas pour le Consumer Electronics Show de janvier 1983, où la GameLine de CVC espérait faire un malheur. Von Meister, en bon maître des cérémonies, fit fabriquer une montgolfière en forme de joystick et frappée du nom GameLine qui flotterait au-dessus de la ville, et loua une immense suite au Tropicana Hotel, qu'il décora d'une troupe de girls¹⁵. Dan Case apprécia le spectacle. Tapi dans l'ombre, son frère cadet Steve était plus réticent, avec son sourire énigmatique et son visage neutre plus difficiles à déchiffrer.

Né en 1958 et élevé à Hawaï, avec un tempérament placide qui donnait l'impression qu'il avait été nourri par des dauphins, Steve Case présentait une façade pacifique. Surnommé par certains « le Mur » parce que son visage manifestait rarement la moindre émotion, il était timide mais ne manquait pas d'assurance. Pour certaines personnes qui ne le connaissaient pas vraiment, cela passait, et à tort,

pour de la hauteur ou de l'arrogance. En grandissant, il apprit à plaisanter et à échanger des insultes amicales d'un ton nasal et monocorde, comme un première année dans une corpo d'étudiants. Mais sous ce badinage il était profondément sérieux.

Quand ils étaient encore au lycée, Dan et Steve transformèrent leurs chambres en bureaux depuis lesquels ils dirigèrent une série de petites entreprises qui, entre autres, vendaient des cartes de vœux et distribuaient des magazines. « La première leçon d'esprit d'entreprise à la Case, raconte Steve, c'est lorsque j'ai eu l'idée, qu'il a assuré le financement et qu'ensuite il a possédé la moitié de l'affaire¹⁶. »

Steve fréquenta Williams College, où l'historien réputé James MacGregor Burns nota sèchement : « Il était au nombre de mes étudiants moyens¹⁷. » Il passait plus de temps à tirer des plans sur de futures entreprises qu'à étudier le programme. « Un jour, raconte Case, un professeur m'a pris à part et m'a suggéré de mettre entre parenthèses mon intérêt pour le monde des affaires et de me concentrer sur mes études, parce que l'université représentait une occasion unique, qui ne se répéterait pas. Il va sans dire que je n'étais pas d'accord. » Il sécha l'informatique après la première heure de cours, qu'il détesta « parce que c'était à l'époque des cartes perforées : on écrivait un programme et ensuite il fallait attendre des heures pour avoir le résultat¹⁸ ». La leçon qu'il retint, c'était qu'il fallait rendre les ordinateurs plus accessibles et plus interactifs.

Les ordinateurs l'intéressaient avant tout parce qu'ils permettaient de se brancher sur des réseaux. « Ces connexions lointaines avaient quelque chose de magique, confiait-il à la journaliste Kara Swisher. Pour moi, c'était l'usage le plus évident qu'on pouvait en faire, le reste, c'était pour les matheux maniaques de l'informatique¹⁹. » Après avoir lu *La Troisième vague* du futurologue Alvin Toffler, il fut fasciné par le concept de la « frontière électronique », dans lequel la technologie connecterait les gens les uns avec les autres et avec toutes les informations disponibles dans le monde²⁰.

Au début de 1980, il postula pour un emploi à l'agence publicitaire J. Walter Thomson. « Je crois fermement que les avancées technologiques dans le domaine des communications sont en passe de modifier de manière significative notre mode de vie, écrivait-il dans la lettre de motivation. Les innovations en matière de communications (en particulier les systèmes de liaisons câblées interactifs) transformeront notre téléviseur (à grand écran, évidemment !) en agence de presse, journal, école, ordinateur, machine à référendum et catalogue²¹. » Il n'obtint pas le poste et sa candidature fut également rejetée une première fois chez Proctor & Gamble. Mais il réussit à

convaincre P & G de lui accorder une deuxième chance (il se déplaça à Cincinnati à ses frais) et se retrouva chef de marque adjoint dans un groupe qui commercialisait Abound, une lingette après-shampooing bientôt défunte. Il y apprit le procédé consistant à donner des échantillons gratuits pour lancer un nouveau produit. « C'est de là, entre autres, qu'est venue l'inspiration derrière la stratégie d'AOL avec sa disquette d'essai gratuite une décennie plus tard²². » Au bout de deux ans, il quitta P & G pour travailler dans la division Pizza Hut de Pepsi-Cola. « Si j'ai fait ça, c'est que ça exaltait l'esprit d'entreprise. C'était une société fonctionnant en franchise, presque l'inverse exact de Procter & Gamble, qui est plutôt une société hiérarchisée et bureaucratique où toutes les décisions importantes sont prises à Cincinnati²³. »

Jeune célibataire basé à Wichita, au Kansas, où il n'y a pas grand-chose à faire le soir, Steve Case devint un fan de The Source. C'était le refuge idéal pour quelqu'un comme lui, à la fois timide et désireux de se connecter. Il apprit deux leçons : que les gens aiment faire partie d'une communauté et que la technologie doit être simple si elle veut plaire aux masses. La première fois qu'il essaya de se connecter à The Source, il eut du mal à configurer son ordinateur portable Kaypro : « C'était comme l'ascension de l'Everest, et ma première pensée a été de me demander pourquoi il fallait que ce soit si difficile. Mais quand j'ai enfin réussi à entrer dans le réseau et me suis trouvé connecté à tout le pays à partir de ce sinistre petit appartement de Wichita, c'était sublime²⁴. »

Discrètement, Case fonda sa petite société de conseil en marketing. Il avait l'âme d'un entrepreneur à une époque où la plupart des autres diplômés cherchaient à se faire recruter par de grosses sociétés. Il loua une boîte postale avec une adresse chic à San Francisco qu'il fit imprimer sur son papier à en-tête, et s'arrangea pour faire réexpédier sa correspondance commerciale à Wichita. Il s'était découvert une passion – aider les sociétés qui voulaient faire œuvre de pionnier sur la frontière électronique –, aussi lorsque son frère Dan rejoignit Hambrecht & Quist en 1981, commença-t-il à communiquer à Steve des projets commerciaux concernant des entreprises intéressantes. L'une d'elles était la Control Video Corporation de von Meister. En décembre 1982, pendant des vacances de sport d'hiver au Colorado, ils se demandèrent si Dan devrait investir dans la CVC, et décidèrent aussi de se rendre ensemble au Consumer Electronics Show de Las Vegas le mois suivant²⁵.

À Las Vegas, l'irrépressible Bill von Meister, le très réservé Steve Case et son frère consacrèrent un dîner prolongé à débattre de la commercialisation de GameLine. Steve et von Meister s'entendirent

bien, peut-être parce qu'ils partageaient les mêmes intérêts, mais avec des personnalités différentes. Au milieu du repas bien arrosé, von Meister se retrouva aux toilettes avec Dan Case et lui demanda s'il ne voyait pas d'inconvénient à ce qu'il recrute le jeune Steve. Dan concéda que ce serait bien. Steve débuta à la CVC comme consultant à temps partiel, puis fut employé à plein temps en septembre 1983 et s'installa à Washington : « J'ai pensé que l'idée de GameLine était vraiment prometteuse. Mais j'avais aussi l'impression que, même en cas d'échec, ce que j'apprendrais en travaillant aux côtés de Bill serait une expérience pédagogique précieuse. Et cela s'est assurément vérifié²⁶. »

Au bout de quelques mois, la Control Video Corporation était au bord de la faillite. Von Meister n'avait toujours pas appris à devenir un prudent gestionnaire, et le marché des jeux vidéo Atari s'était dégonflé. Lorsqu'on lui communiqua le chiffre des ventes lors d'une réunion du conseil d'administration, le capital-risqueur Frank Caufield ironisa : « On aurait cru qu'il y aurait eu plus de vol à l'étalage. » Aussi insista-t-il sur le recrutement d'un gestionnaire discipliné. La personne qu'il sollicita était un ami proche et un ancien condisciple de West Point, Jim Kimsey, qui sous la rude apparence d'un membre des Forces spéciales dissimulait le cœur sociable d'un tenancier de bar.

Kimsey n'était pas la personne qu'on aurait attendue pour remettre sur les rails un service numérique interactif : il maniait plus facilement les armes et les verres à whisky que les claviers. Mais il possédait ce mélange de ténacité et d'esprit de rébellion qui fait les bons entrepreneurs. Né en 1939, il grandit à Washington ; en terminale, il fut exclu de la Gonzaga High School, le meilleur lycée catholique de la ville, pour son comportement perturbateur. Il parvint néanmoins à décrocher un entretien à West Point, où il s'intégra bien à une ambiance qui célébrait, canalisait et contrôlait l'agressivité. À sa sortie de cette école militaire, il fut affecté en République dominicaine, puis pour deux campagnes au Vietnam à la fin des années 1960. Pendant qu'il y servait comme major dans les rangers aéroportés, il prit sur lui de construire un orphelinat pour une centaine d'enfants vietnamiens. S'il n'avait pas eu tendance à répondre à ses supérieurs hiérarchiques, il aurait peut-être pu faire une carrière militaire²⁷.

Au lieu de quoi il rentra à Washington en 1970, acheta un immeuble de bureaux au centre-ville dont il loua une grande partie à des sociétés de courtage tandis qu'au rez-de-chaussée il ouvrait un bar, *The Exchange*, doté comme il se doit d'un téléscripateur boursier fonctionnel. Après le succès du premier, il ouvrit bientôt d'autres bars

pour célibataires avec des noms comme *Madhatter* et *Bullfeathers* tout en se lançant dans de nouveaux projets immobiliers. Il était dans ses habitudes de partir à l'aventure avec son pote de West Point Frank Caufield et leurs fils. Ce fut lors d'un circuit de rafting que Caufield le recruta comme chaperon de von Meister et, finalement, comme directeur général de la CVC.

En réaction aux ventes médiocres, Kimsey licencia la plupart des employés, à l'exception de Steve Case, qui fut promu vice-président du marketing. Kimsey avait le langage pittoresque et scatologique d'un tenancier de saloon : « Mon job, c'est de faire de la salade de poulet avec de la merde de poulet. » Il avait un faible pour la vieille blague du jeune garçon qui fouille allègrement dans un tas de fumier de cavalerie et qui, quand on lui demande pourquoi, déclare : « Y doit bien y avoir un poney quelque part dans cette merde. »

C'était un insolite triumvirat : le générateur d'idées indiscipliné von Meister, le froid stratège Case et le rude militaire Kimsey. Tandis que von Meister faisait son numéro et que Kimsey jouait les patrons de bistrot qui vous tapent dans le dos, Case restait dans son coin à observer la scène et à trouver de nouvelles idées. À eux trois, ils montraient une fois de plus comment une équipe hétérogène pouvait promouvoir l'innovation. Ken Novack, un juriste extérieur à l'entreprise, remarquerait plus tard : « Ce n'est pas un hasard s'ils ont monté cette affaire ensemble²⁸. »

Case et von Meister s'intéressaient depuis longtemps à l'édification de réseaux informatiques qui puissent connecter des usagers ordinaires. Lorsque CBS, Sears et IBM unirent leurs forces en 1984 pour lancer pareil service, qui s'appellerait Prodigy, d'autres fabricants d'ordinateurs se rendirent compte qu'il pourrait y avoir là un vrai marché. Commodore s'adressa à la CVC et lui demanda de créer un service en ligne. Kimsey reconfigura donc la CVC pour en faire une société appelée Quantum, qui lança un service baptisé Q-Link pour les usagers d'ordinateurs Commodore en novembre 1985.

Pour dix dollars par mois, Q-Link avait tout ce que von Meister – qu'on poussait alors gentiment vers la sortie – et Case avaient envisagé : des informations, des jeux, la météo, l'horoscope, des critiques, la Bourse, des résumés des feuilletons, une galerie marchande, et plus encore, avec les plantages et les interruptions de service périodiques qui devinrent endémiques dans l'univers en ligne. Mais, par-dessus tout, Q-Link comportait une zone remplie de serveurs télématiques actifs et de dialogues en direct, surnommée People Connection, qui permettait aux membres de former des communautés.

En l'espace de deux mois, début 1986, Q-Link avait dix mille

membres. Mais la croissance commença à plafonner, essentiellement parce que les ventes de Commodore fléchissaient devant la concurrence d'Apple et d'autres fabricants. « Il faut que nous prenions le contrôle de notre destin », dit Kimsey à Case²⁹. Il était clair que, pour réussir, Quantum serait obligé de créer des services en ligne comme Q-Link pour d'autres fabricants d'ordinateurs, au premier chef Apple.

Avec la ténacité que lui donnait sa personnalité patiente, Case visa les cadres Apple. Même quand son brillant fondateur Steve Jobs eut été évincé de la société, momentanément du moins, il était difficile de former un partenariat avec Apple. Case traversa donc les États-Unis pour s'installer à Cupertino dans un appartement proche d'Apple. C'est de là qu'il mena son siège. Il y avait chez Apple beaucoup de services qu'il pourrait essayer de convaincre, et il finit par obtenir un petit bureau à l'intérieur de la société. Malgré sa réputation de froideur, il avait un certain sens de l'humour ; sur son bureau, il avait posé une pancarte « Steve Retenu en Otage » avec le nombre de jours *ad hoc*⁴³⁰. En 1987, après une campagne quotidienne de trois mois, il parvint à ses fins : le service clients d'Apple accepta de passer un accord avec Quantum pour un réseau appelé AppleLink. Quand il fut lancé un an plus tard, le premier forum en direct avait en vedette le sympathique cofondateur d'Apple Steve Wozniak.

Case passa ensuite un marché similaire avec Tandy pour lancer PC-Link. Mais il se rendit bien vite compte qu'il lui fallait réviser la stratégie consistant à créer des services en ligne séparés pour chaque nouvelle marque d'ordinateur. Les usagers d'un service ne pouvaient pas se connecter avec ceux d'un autre. En outre, c'étaient les fabricants d'ordinateurs qui contrôlaient les produits, le marketing et l'avenir de Quantum. « Écoutez, nous ne pouvons plus compter sur ce type de partenariat, dit Case à son équipe. Nous avons vraiment besoin d'être autonomes et d'avoir comme qui dirait notre propre marque³¹. »

Ce qui devint un problème plus pressant – mais aussi une chance –, lorsque les relations avec Apple se détériorèrent. « Les dirigeants d'Apple ont décidé qu'ils n'aimeraient pas voir une société extérieure se servir de la marque déposée Apple, explique Case. Leur décision de nous couper l'herbe sous le pied nous a obligés à redéfinir notre marque³². » Case et Kimsey décidèrent d'associer les usagers de leurs trois services dans un service en ligne intégré unique doté de sa propre marque commerciale. La démarche inaugurée par Bill Gates pour le logiciel s'appliquerait aussi au domaine en ligne : les services en ligne seraient indépendants du matériel utilisé et fonctionneraient sur toutes les plates-formes.

Il leur fallait maintenant un nom. Il y eut de nombreuses propositions, telles que « Crossroads » et « Quantum 2000 », mais elles évoquaient des centres d'accueil religieux ou des fonds de placement. Case trouva « America Online », qui fit s'étrangler beaucoup de ses collègues. C'était cucul et gauchement patriotique. Mais cela plaisait à Case. Il savait, à l'instar de Jobs quand il avait baptisé sa société Apple, qu'il importait, comme il le dirait plus tard, « de faire simple, rassurant et même un peu nunuche³³ ». Sans budget de promotion, Case avait besoin d'un nom qui décrive clairement ce que faisait le service. Et le nom America Online remplissait cette fonction.

L'expérience AOL, c'était comme si on entrait en piste avec des roulettes stabilisatrices : c'était rassurant et facile. Case mit en application les deux leçons qu'il avait apprises chez Proctor & Gamble : rendre le produit simple et le lancer avec des échantillons gratuits. L'Amérique fut bombardée de logiciels sur disquette offrant deux mois d'abonnement gratuit. Elwood Edwards, un comédien spécialisé dans le commentaire en voix off et qui était le mari d'une des employées d'AOL d'alors, enregistra des messages d'accueil plein d'entrain – « Bienvenue ! » et « Vous avez du courrier ! » qui donnaient au service une apparence de convivialité. Et c'est ainsi que l'Amérique se retrouva en ligne.

Case l'avait compris – l'ingrédient secret n'était pas les jeux ou la publication de contenus, mais le désir de connexion : « Nous avons misé gros, même en 1985, sur ce que nous appelions la "communauté". Maintenant on parle de médias sociaux. Nous avons pensé que l'appli Internet qui enterrerait toutes les autres serait les gens. Des gens qui interagissent avec des gens qu'ils connaissaient déjà mais sur des modes nouveaux et plus pratiques, mais aussi des gens qui interagissent avec des gens qu'ils ne connaissaient pas encore, mais qu'ils devraient connaître parce qu'ils avaient des intérêts communs³⁴. » Parmi les prestations de base chez AOL, on trouvait les salons de discussion, la messagerie instantanée, les listes d'amis et une « messagerie textuelle ». Comme sur The Source, il y avait des infos, du sport, la météo et l'horoscope. Mais le réseautage social était au centre de tout cela. « Tout le reste – le commerce, le divertissement et les services financiers – était secondaire. Nous pensions que la communauté passait avant le contenu³⁵. »

Les salons de discussion où se retrouvaient les gens aux intérêts similaires – l'informatique, le sexe, les séries télévisées – avaient beaucoup de succès. On pouvait même s'isoler par consentement mutuel dans des « salons privés » ou, à l'autre extrême, visiter l'un des « auditoriums » où risquait de se dérouler une session avec une célébrité. Les usagers d'AOL n'étaient pas qualifiés de clients ou

d'abonnés : c'étaient des *membres*. AOL prospéra en contribuant à créer un réseau social. CompuServe et Prodigy, qui avaient débuté principalement comme services d'information et de commerce en ligne, firent pareil avec des outils comme le CB Simulator de CompuServe, qui imitait sous forme de texte le plaisir farfelu de s'entretenir sur les fréquences de la CB.

Kimsey le patron de bar ne pigeait pas tout à fait pourquoi des gens sains d'esprit passeraient leurs samedis soir dans des salons de discussion ou des forums spécialisés. « Allez, avoue-le, tu crois pas que tout ça c'est la merde ? » demandait-il à Case en plaisantant à moitié³⁶. Case secouait la tête. Il savait qu'il y avait un poney là-dedans.

Al Gore et l'Éternel Septembre

Les services en ligne tels qu'AOL se sont développés indépendamment d'Internet. Un enchevêtrement de lois, de réglementations, de traditions et de pratiques empêchaient les entreprises commerciales d'offrir un accès Internet direct aux citoyens ordinaires qui n'étaient pas affiliés à un établissement d'enseignement ou de recherche. « Ça paraît stupide aujourd'hui, mais jusqu'en 1992 il était illégal de connecter un service commercial comme AOL à Internet », rappelle Steve Case³⁷.

Mais à partir de 1993 les barrières s'abaissèrent et Internet devint accessible à tout un chacun. Ce qui perturba les services en ligne, qui étaient jusque-là des jardins clos à l'intérieur desquels les membres étaient dorlotés dans un environnement contrôlé. Cela transforma aussi Internet en produisant un flot de nouveaux usagers. Mais le plus important était que ce processus amorça le réseautage de la révolution numérique telle que l'avaient envisagée Bush, Licklider et Englebart. Les réseaux d'ordinateurs et de télécommunications et les banques d'informations numérisées tissèrent une trame commune qui les mit à la disposition de chaque individu.

Le mouvement commença sérieusement lorsque AOL, sur les traces d'un concurrent de moindre envergure, Delphi, ouvrit en septembre 1993 un portail qui permettait à ses membres d'avoir accès aux groupes de discussion et aux serveurs télématiques d'Internet. Dans le folklore des internautes, ce déluge fut qualifié, surtout par des vétérans aigris et méprisants, d'« Éternel Septembre ». Ce nom vient du fait qu'à chaque rentrée universitaire de septembre une nouvelle vague d'étudiants de première année avait accès à Internet depuis les réseaux de leurs campus. Les messages qu'ils affichaient avaient

tendance à être agaçants au début, mais en quelques semaines la plupart avaient acquis assez de nétiquette pour se couler dans la culture Internet. Les vannes ouvertes en 1993 produisirent toutefois un flot ininterrompu de petits nouveaux qui bousculèrent les normes sociétales et l'ambiance « club » du réseau. « Septembre 1993 restera dans l'histoire du Net comme le septembre qui n'en finissait plus », afficha un internaute du nom de Dave Fischer en janvier 1994³⁸. Des vieux de la vieille créèrent le groupe de discussion alt.aol-sucks sur Usenet pour y afficher leurs diatribes^{*5}. On y lisait par exemple que les intrus d'AOL « seraient incapables de se faire la moindre idée, même déguisés en idées et douchés de phéromones dans un champ d'idées en rut³⁹ ». En fait, la démocratisation d'Internet amorcée par l'Éternel Septembre fut une bonne chose, mais les vétérans mirent un certain temps à s'en rendre compte.

Cet élargissement d'Internet, qui ouvrit la voie à une stupéfiante ère de l'innovation, ne se produisit pas par hasard. Il résulta d'un ensemble de mesures gouvernementales, soigneusement élaborées dans une atmosphère sérieuse et bipartite, qui placèrent l'Amérique en première position dans l'édification d'une économie digne de l'ère de l'information. La personne la plus influente dans ce processus – et cela risque de surprendre ceux qui ne connaissent de son rôle que l'image qu'en ont donné certaines plaisanteries – fut le sénateur Al Gore Jr du Tennessee.

Le père de Gore était sénateur lui aussi. « Je me rappelle avoir fait en voiture le trajet Carthage-Nashville avec mon père, raconte Al Gore Jr. Il me disait qu'il nous faudrait absolument quelque chose de mieux que ces routes à deux voies qui ne correspondaient pas à nos besoins⁴⁰. » Gore Sr aida à l'élaboration de la législation bipartite relative au programme national d'autoroutes, et son fils s'en inspira pour promouvoir ce qu'il surnomma « l'autoroute de l'information ».

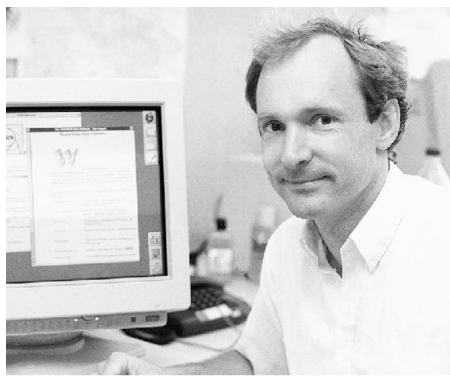
En 1986, Gore lança dans le cadre du Congrès une étude qui examinait divers sujets, dont la création de centres de super-ordinateurs, l'interconnexion des réseaux de recherche, l'augmentation de leur bande passante et leur ouverture à d'autres usagers. Cette commission était présidée par le pionnier d'ARPANET Leonard Kleinrock. Gore dirigea ensuite des auditions détaillées qui aboutirent en 1992 au High Performance Computing Act, auquel son nom est associé, et au Scientific and Advanced Technology Act en 1993. Ces lois autorisèrent le raccordement de réseaux commerciaux tels qu'AOL au réseau de recherche géré par la National Science Foundation, et, par là, à Internet lui-même. Après son élection à la vice-présidence en

1992, Gore fit voter en 1993 le National Information Infrastructure Act qui rendait Internet largement accessible au grand public et le faisait entrer dans la sphère du commerce afin que sa croissance puisse être financée par des investissements aussi bien privés que publics.

Quand je disais autour de moi que j'écrivais un livre sur les gens qui avaient contribué à l'invention de l'informatique et d'Internet, la réaction la plus prévisible, surtout de la part de ceux qui connaissaient mal l'histoire d'Internet, était : « Oh, vous voulez dire Al Gore, c'est ça ? » Et d'éclater de rire. C'est un trait significatif de notre discours politique que l'une des réussites bipartites les plus importantes pour l'innovation américaine soit ridiculisée à cause d'une chose que Gore n'a jamais vraiment dite – qu'il aurait « inventé » Internet. Lorsqu'en mars 1999 Wolf Blitzer, de la chaîne CNN, lui demanda d'énumérer les références l'autorisant à postuler pour la présidence, Gore avait dit, entre autres : « Pendant la période où j'étais au service du Congrès des États-Unis, j'ai pris l'initiative dans la création d'Internet⁴¹. » La formulation était peu élégante, comme le sont souvent les réponses dans les JT des chaînes câblées, mais Gore n'avait aucunement dit « j'ai inventé ».

Vinton Cerf et Bob Kahn, deux des personnes qui inventèrent réellement Internet, s'exprimèrent pour soutenir Gore : « Aucune personnalité publique ne s'est plus activée à créer le climat propice à l'épanouissement d'Internet que le vice-président⁴². » Il fut même défendu par le républicain Newt Gingrich : « C'est une chose sur laquelle Gore travaillait depuis longtemps [...] Gore n'est pas le père d'Internet, mais, soyons honnêtes, Gore est la personne qui, au Congrès, a œuvré le plus systématiquement pour faire en sorte que nous ayons Internet⁴³. »

Le « démontage » d'Al Gore était le signe avant-coureur d'une ère nouvelle de polarisation partisane accompagnée d'un manque de foi dans ce que pouvait faire le gouvernement. Aussi vaut-il la peine de réfléchir à ce qui conduisit à l'Éternel Septembre de 1993. En plus de trois décennies, le gouvernement fédéral américain, travaillant avec le secteur privé et la recherche universitaire, avait élaboré et mis en œuvre un projet d'infrastructure massif, comme le réseau national d'autoroutes, mais immensément plus complexe, puis l'avait ouvert aux simples citoyens et aux entreprises commerciales. Il était financé à l'origine par de l'argent public, mais il le remboursa des milliers de fois en impulsant une nouvelle économie et une ère de prospérité.



Tim Berners Lee (né en 1955).



Marc Andreessen (né en 1971).



*Justin Hall (né en 1974) et Howard Rheingold (né en 1947)
en 1995.*

*1. Elle avait commencé en France fin 1982 avec le réseau Télétel, dont les terminaux passifs de faible encombrement (Minitels) incorporant modem, écran et clavier étaient loués gratuitement par les PTT à leurs abonnés ; en contrepartie, le temps de connexion aux nombreux services payants, notamment la messagerie instantanée, était facturé avec les communications téléphoniques. (NdT)

*2. Aujourd'hui, une liaison Ethernet ou WiFi peut transmettre des données à un milliard de bps, soit plus de trois millions de fois plus vite.

*3. Western Union racheta plus tard cette affaire et la transforma en son service Mailgram.

*4. Allusion à la crise de 1980 à Téhéran quand le personnel de l'ambassade américaine fut retenu en otage 444 jours quotidiennement décomptés.

*5. Le préfixe *alt.* pour « *alternative* » dans le nom d'un *newsgroup* Usenet indiquait un groupe non conformiste ou marginal, ici « AOL fait chier ». (NdT)

11.

Le Web

Il y avait une limite au potentiel de popularité d'Internet, du moins pour l'internaute ordinaire, même quand l'arrivée des modems et l'essor des services en ligne eurent permis à presque tous les gens disposant d'un ordinateur de se connecter. C'était une jungle ténébreuse sans plans ni cartes, remplie de grappes de feuillage bizarres avec des noms comme *alt.config* ou *Wide Area Information Servers* qui pouvaient intimider tout le monde sauf peut-être le plus intrépide des éclaireurs.

Or, juste au moment où les services en ligne commençaient à s'ouvrir à Internet au début des années 1990, une nouvelle méthode d'afficher et de trouver du contenu apparut comme par miracle, comme si elle avait jailli d'un accélérateur de particules clandestin, ce qui est d'ailleurs une métaphore assez exacte. Elle rendit obsolètes les services en ligne soigneusement conditionnés et réalisa – ou plutôt surpassa, et de loin – les rêves utopiques de Vannevar Bush, J. C. R. Licklider et Douglas Engelbart. Plus que toute autre innovation de l'ère numérique, elle a été essentiellement inventée par un seul homme ; il lui donna un nom qui réussit à être, comme lui l'était personnellement, à la fois expansif et simple : le World Wide Web.

Tim Berners-Lee

Jeune garçon qui avait grandi à la périphérie de Londres dans les

années 1960, Tim Berners-Lee eut une inspiration fondamentale concernant les ordinateurs : ils excellaient à traiter pas à pas des masses de nombres au travers de programmes, mais ils n'étaient pas très doués pour faire des associations aléatoires et des liaisons astucieuses comme pouvait le faire un humain imagitatif.

Ce n'est pas le genre de réflexion auquel s'adonnent la plupart des enfants, mais le père et la mère de Berners-Lee étaient informaticiens. Ils travaillaient comme programmeurs du Ferranti Mark I, version commerciale de l'ordinateur à programmes mémorisés de l'université de Manchester. Un soir à la maison, son père, à qui son patron avait demandé de rédiger un projet de discours sur la manière de rendre les ordinateurs plus intuitifs, évoqua certains ouvrages relatifs au cerveau humain, qu'il était en train de lire. « L'idée qui m'est restée, raconte son fils, était que les ordinateurs pourraient devenir beaucoup plus puissants s'ils pouvaient être programmés pour relier ensemble des informations par ailleurs non connectées¹. » Ils parlèrent aussi du concept de la machine universelle de Turing. « J'ai compris alors que les limitations applicables à ce qu'on pouvait faire avec un ordinateur n'étaient que les limitations de notre imagination². »

Berners-Lee était né en 1955, la même année que Bill Gates et Steve Jobs, et il estime que c'était la bonne époque pour s'intéresser à l'électronique. Les enfants d'alors n'avaient guère de peine à se procurer le matériel et les composants de base avec lesquels ils pouvaient jouer. « Les choses arrivaient au bon moment, explique-t-il. Chaque fois que nous avions compris une technologie, l'industrie produisait ensuite quelque chose de plus puissant que nous pouvions nous payer avec notre argent de poche³. »

Quand ils étaient encore à l'école primaire, Berners-Lee et un copain traînaient dans les boutiques de bricolage, où ils utilisaient leur argent pour acheter des électro-aimants et fabriquer eux-mêmes relais et commutateurs : « On enfonçait au marteau un électro-aimant dans un bout de bois. Quand on l'activait, il attirait un bout de ferraille et ça bouclait un circuit. » À partir de là, ils développèrent une compréhension profonde de ce qu'était un bit, de la manière de le stocker et de ce qu'on pouvait faire avec un circuit. Juste au moment où les commutateurs électromagnétiques étaient devenus trop rudimentaires pour eux, les transistors se démocratisèrent suffisamment pour que ses amis et lui puissent en acheter un sachet de cent pour un prix modique. « Nous avons appris à tester les transistors et à nous en servir pour remplacer les relais que nous avions construits⁴. » Ce faisant, il pouvait se représenter clairement l'efficacité de tous les composants en les comparant aux vieux interrupteurs électromagnétiques qu'ils remplaçaient. Il s'en servit

pour ajouter des effets sonores à son train électrique et créer des circuits qui obligeaient le train à ralentir en certains endroits.

« Nous avons commencé à imaginer des circuits logiques très complexes, mais ils sont devenus impraticables parce qu'il aurait fallu utiliser trop de transistors. » Or, juste au moment où Berners-Lee se heurtait à ce problème, les circuits intégrés devinrent disponibles au magasin d'électronique local : « Vous vous achetiez ces petits sachets de puces avec votre argent de poche, et vous vous rendiez compte que vous aviez là de quoi faire le cœur d'un ordinateur⁵. » Mieux encore, vous pouviez *comprendre* le cœur d'un ordinateur parce que vous étiez passé des simples interrupteurs aux transistors, puis des transistors aux circuits intégrés et saviez comment fonctionnaient les uns et les autres.

Un été, juste avant d'entrer à Oxford, Berners-Lee travaillait dans une scierie. Il était en train de jeter un tas de sciure dans une benne à ordures lorsqu'il repéra une vieille calculatrice, moitié mécanique, moitié électronique, avec des rangées de boutons. Il la récupéra, la recâbla avec certains de ses interrupteurs et transistors, et réussit bientôt à la faire fonctionner comme un ordinateur rudimentaire. Il acheta chez un réparateur l'épave d'un téléviseur et récupéra l'écran pour l'affichage après avoir trouvé comment fonctionnait le circuit de tubes à vide⁶.

Pendant ses études à Oxford, les microprocesseurs arrivèrent sur le marché. Aussi, tout comme l'avaient fait Wozniak et Jobs, ses amis et lui-même conçurent-ils des cartes mères qu'ils essayèrent de vendre. Ils n'eurent pas autant de succès que les deux Steve, d'abord parce que, comme le dirait plus tard Berners-Lee, « nous n'avions pas autour de nous la communauté mûre pour l'informatique et le mélange culturel qu'il y avait au Homebrew Club et à Silicon Valley⁷ ». L'innovation émerge là où il y a les bons ingrédients, ce qui était le cas de la baie de San Francisco, mais pas de l'Oxfordshire dans les années 1970.

Son éducation pratique étape par étape, commencée avec les interrupteurs électromagnétiques et se poursuivant avec les microprocesseurs, lui donna une compréhension profonde de l'électronique : « Une fois que vous avez fait un truc avec des fils électriques et des clous, quand quelqu'un dit qu'une puce ou un circuit comporte un relais, vous l'utilisez en confiance parce que vous savez que vous pourriez refaire le même montage. Maintenant, on donne aux mômes un MacBook et ils le traitent comme un appareil électroménager. Ils en font une sorte de réfrigérateur qu'ils imaginent tout plein de bonnes choses, mais ils ne savent pas comment il fonctionne. Ils ne comprennent pas totalement ce que je savais, et ce

que mes parents savaient – que ce que vous pouviez faire avec un ordinateur n'était limité que par votre imagination⁸. »

Un autre souvenir d'enfance est resté dans sa mémoire : celui d'un almanach et recueil de conseils victorien trouvé dans la maison familiale et dont le titre magique et vieillot était *Cherchez ici à vous informer sur tout*. L'introduction proclamait : « Que vous désiriez modeler une fleur en cire, étudier les règles de l'étiquette, servir un hors-d'œuvre au petit déjeuner ou au dîner, rédiger votre testament, vous marier, enterrer un membre de votre famille, quoi que vous vouliez faire, construire ou savourer, pourvu que votre désir soit en rapport avec les nécessités de la vie domestique, nous espérons que vous ne manquerez pas de “chercher ici à vous informer”⁹. » C'était à certains égards un *Whole Earth Catalog* du XIX^e siècle, rempli d'informations et de références accumulées au hasard mais intégralement répertoriées. « Pour toute question, se référer à l'index en fin d'ouvrage », indiquait la première page. En 1894, il en était déjà à sa quatre-vingt-huitième édition et s'était vendu à 1 188 000 exemplaires. « Ce livre fonctionnait comme un portail ouvert sur un univers d'informations, depuis des trucs pour enlever les taches jusqu'aux investissements financiers, note Berners-Lee. L'analogie avec le Web n'est pas parfaite, mais c'est un point de départ primitif¹⁰. »

Un autre concept qui préoccupait Berners-Lee depuis l'enfance était la capacité du cerveau humain à opérer des associations aléatoires – l'odeur du café évoque la robe qu'une amie portait la dernière fois que vous avez pris le café ensemble –, alors qu'une machine ne peut qu'opérer les associations pour lesquelles elle a été programmée. « Vous avez une moitié de la solution dans votre cerveau, et j'ai l'autre moitié dans mon cerveau, explique-t-il. Si nous sommes assis autour d'une table et que je commence une phrase, il se peut que vous m'aidiez à la terminer, et c'est comme ça que fonctionne le remue-ménages. On griffonne des trucs sur le tableau blanc, et tout le monde corrige tout le monde. Comment faire ça quand nous sommes séparés¹¹ ? »

Tous ces éléments, depuis l'almanach victorien jusqu'à la capacité du cerveau à opérer des associations aléatoires et à collaborer avec autrui, se bousculaient dans la tête de Berners-Lee quand il sortit diplômé d'Oxford. Plus tard, il comprendrait une vérité de l'innovation : de nouvelles idées naissent quand un grand nombre de concepts hétéroclites sont brassés jusqu'à ce qu'ils s'amalgament. Il décrit ce processus ainsi : « Des idées à moitié formées flottent dans l'air. Elles viennent de différents endroits, et l'esprit a le pouvoir prodigieux de les tourner et les retourner jusqu'à ce qu'un jour ou l'autre elles conviennent. Elles ne cadrent peut-être pas complètement,

alors on fait un tour à vélo, par exemple, et ça s'arrange¹². »

Les concepts novateurs de Berners-Lee commencèrent à s'amalgamer lorsqu'il prit un poste de consultant au CERN, le grand laboratoire pour la physique des particules, près de Genève. Il avait besoin d'un moyen de cataloguer les connexions entre les quelque dix mille chercheurs, leurs projets et leurs systèmes informatiques. Les ordinateurs comme les humains parlaient nombre de langues et de langages différents et avaient tendance à établir des liaisons *ad hoc* les uns avec les autres. Berners-Lee avait besoin de suivre ces relations, aussi écrivit-il un programme pour s'aider à y parvenir. Il remarqua que lorsque les gens lui expliquaient les diverses relations au CERN, ils avaient tendance à faire des schémas avec des tas de flèches. Il élaborait donc une méthode pour reproduire ces flèches dans son programme. Il saisisait le nom d'une personne ou d'un projet et créait ensuite des liens qui montreraient lesquels étaient apparentés. C'est ainsi que Berners-Lee créa un programme informatique qu'il appela Enquire – « rechercher » – en souvenir de l'almanach victorien de son enfance, *Enquire Within Upon Everything*.

« Ce qui me plaisait dans Enquire, écrivait-il, c'est qu'il stockait des informations sans recourir à des structures comme des matrices ou des arborescences¹³. » De telles structures sont hiérarchiques et rigides, alors que l'esprit fait plus de bonds au hasard. En travaillant sur Enquire, Berners-Lee développa une vision plus grandiose de ce qu'il pourrait devenir : « Supposons que toutes les informations stockées sur les ordinateurs du monde entier soient reliées entre elles. Il y aurait alors un espace d'information mondial unique. Il se formerait comme une toile d'information¹⁴. » Ce qu'il imaginait là, bien qu'il ne le sache pas à l'époque, c'était le *memex* de Vannevar Bush – qui pouvait stocker des documents, les référencer, les extraire – traduit à l'échelle du globe.

Mais avant qu'il ait pu avancer très loin dans la création d'Enquire, son contrat de consultant au CERN se termina. Il abandonna sur place son ordinateur et le disque de huit pouces contenant l'intégralité du code, et le tout fut promptement perdu et oublié. Berners-Lee travailla pendant plusieurs années pour une société qui éditait des logiciels pour la publication de documents. Mais il s'ennuya et sollicita un poste de chercheur au CERN. En septembre 1984, il retourna à Genève pour travailler avec le groupe responsable de la collecte générale des résultats de toutes les expériences effectuées dans l'établissement.

Le CERN était un mélange de nationalités et de systèmes informatiques utilisant des dizaines de langues et de langages. Tous étaient obligés de partager leurs informations. « Dans cette diversité

connectée, raconte Berners-Lee, le CERN était un microcosme du reste du monde¹⁵. » Dans pareil cadre, il revint aux réflexions de son enfance : comment des individus aux perspectives différentes œuvrent-ils ensemble pour transformer en idées nouvelles les concepts à moitié formés des uns et des autres ? « Je m'intéresse depuis toujours à la manière dont les gens travaillent ensemble. Je travaillais avec des tas de gens attachés à d'autres établissements et universités, et ils étaient obligés de collaborer. S'ils s'étaient trouvés dans la même pièce, ils auraient écrit sur toute la surface du tableau noir. Je cherchais un système qui permette aux gens de se frotter les uns aux autres et de suivre la mémoire institutionnelle d'un projet¹⁶. »

Un tel système, à son avis, connecterait les gens à distance de façon à ce qu'ils puissent terminer les phrases les uns des autres et ajouter des ingrédients utiles aux idées à moitié formées des uns et des autres : « Je voulais que cela puisse nous permettre de travailler ensemble, de concevoir des choses ensemble. La partie réellement intéressante de la conception d'un projet, c'est quand des tas de gens, partout sur la planète, en ont des morceaux dans la tête. Ils ont des morceaux du traitement contre le sida, un morceau de la compréhension du cancer¹⁷. » L'objectif était de faciliter la créativité en équipe – ce remue-ménages qui se produit quand des gens assis autour d'une table étoffent les idées les uns des autres – lorsque les protagonistes ne sont pas dans le même lieu.

Berners-Lee reconstitua donc son programme Enquire et commença à songer aux moyens de l'étendre. « Je voulais accéder à différents types d'informations – les articles techniques d'un chercheur, le manuel pour différents modules de logiciel, des comptes rendus de réunions, des notes prises à la hâte, et ainsi de suite¹⁸. » En réalité, il voulait faire beaucoup plus que cela. Sous l'apparence placide du programmeur congénital était tapie la curiosité malicieuse de l'enfant qui veillait pour lire *Cherchez ici à vous informer sur tout*. Plutôt que de se contenter d'élaborer un système de gestion de données, il chercha à créer un terrain de jeux collaboratif. « Je voulais construire un espace créatif, dirait-il plus tard, quelque chose comme un bac à sable où tous les gens pourraient jouer ensemble¹⁹. »

Il trouva la manœuvre simple qui lui permettrait d'établir les connexions dont il avait besoin : l'*hypertexte*. Outil à présent familier pour tout internaute qui surfe sur le Web, l'hypertexte est un mot ou une expression codés de façon qu'en cliquant dessus le lecteur soit dirigé sur un autre document ou contenu. Envisagé par Vannevar Bush dans sa description du *memex*, il fut nommé en 1963 par le visionnaire technologique Ted Nelson, qui avait rêvé d'un projet brillamment ambitieux appelé Xanadu et jamais mené à bien, dans lequel toutes les

informations seraient publiées avec des liens hypertexte bidirectionnels vers des informations associées et à partir d'elles.

L'hypertexte était un moyen permettant aux connexions au cœur du programme Enquire de Berners-Lee de proliférer comme des lapins : n'importe qui pouvait être dirigé via un lien sur d'autres ordinateurs, même dotés de systèmes d'exploitations différents, sans avoir à en demander la permission. Berners-Lee exultait : « Un programme Enquire autorisant des liens hypertexte externes était la différence entre l'emprisonnement et la liberté. De nouveaux réseaux permettraient de relier entre eux des ordinateurs différents. » Il n'y aurait pas de nœud central, pas de noyau de contrôle. Si vous connaissiez l'adresse Web d'un document, vous pourriez vous y connecter. Ainsi ce système de liens pourrait-il s'étendre et proliférer « en surfant sur Internet », comme disait Berners-Lee²⁰. Une fois de plus, une innovation fut créée en tissant ensemble deux innovations antérieures, ici l'hypertexte et Internet.

Utilisant un ordinateur NeXT, élégant hybride d'une station de travail et d'un ordinateur individuel que Steve Jobs avait créé après avoir été évincé de chez Apple, Berners-Lee adapta un protocole sur lequel il travaillait, dénommé appel de procédure à distance ou télétraitement sur appel (RPC pour *Remote Procedure Call*), permettant à un programme tournant sur un ordinateur d'appeler un sous-programme implanté sur un autre ordinateur. Ensuite il élaborait un ensemble de principes pour nommer chaque document. Au début, il les appelait identificateurs universels de documents. Les gens de l'Internet Engineering Task Force chargés d'approuver les normes renâclèrent devant « l'arrogance » affiché par Berners-Lee en qualifiant son système d'*universel*. Il accepta donc de remplacer ce terme par *uniforme*. En fait, on le poussa à changer les trois mots de l'expression, qui devint les « localisateurs uniformes de ressources », ces URL (pour *Uniform Resource Locators*), tels que <http://www.cern.ch> que nous utilisons désormais journellement²¹. Fin 1990, il avait déjà créé une panoplie d'outils permettant à son réseau de naître : un protocole de transfert hypertexte (HTTP pour *HyperText Transfer Protocol*) permettant d'échanger de l'hypertexte en ligne, un langage de balisage hypertexte (HTML pour *HyperText Markup Language*), un navigateur rudimentaire qui servirait de logiciel d'application pour extraire et afficher des informations, et un logiciel serveur pour répondre aux requêtes du réseau.

En mars 1989, Berners-Lee avait mis au point son projet ; il soumit donc officiellement une proposition de financement aux administrateurs du CERN : « On espère autoriser ainsi le développement d'un pool d'informations qui pourrait croître et

évoluer. Une “toile d’araignée” de notes reliées par des liens est bien plus utile qu’un système hiérarchique fixe²². » Malheureusement, sa proposition suscita autant de perplexité que d’enthousiasme. « Vague, mais excitant », écrivit son patron, Mike Sendall, sur la couverture du memorandum. « Quand j’ai lu la proposition de Tim, avouerait-il plus tard, je ne comprenais pas ce que c’était, mais j’ai trouvé que c’était super²³. » Une fois de plus, un brillant inventeur eut besoin d’un collaborateur pour transformer un concept en réalité.

Plus que la plupart des autres innovations de l’ère numérique, l’élaboration du Web fut principalement l’œuvre d’une seule personne. Mais Berners-Lee eut tout de même besoin d’un associé pour la mener à bien. Par bonheur, il put le trouver en la personne de Robert Cailliau, un ingénieur belge du CERN, qui avait joué avec des idées similaires et était disposé à s’allier avec lui. « Dans le mariage de l’hypertexte et d’Internet, déclara Berners-Lee, Robert a été le garçon d’honneur. »

Avec sa sociabilité et ses compétences bureaucratiques, Cailliau était le candidat idéal pour être l’évangéliste du projet au sein du CERN et le directeur de projet qui fait bouger les choses. Très soigné de sa personne et attentif à sa coupe de cheveux, il était, d’après Berners-Lee, « ce genre d’ingénieur que peut rendre fou l’incompatibilité des prises de courant dans différents pays²⁴ ». Ils formaient un partenariat comme on en voit souvent dans les équipes innovantes : le concepteur de produit visionnaire accouplé au directeur de projet efficace. Cailliau, qui adorait la programmation des projets et les tâches d’ordonnancement, permit à Berners-Lee de « plonger la tête dans les bits et développer son logiciel ». Un jour Cailliau essaya d’examiner le planning d’un projet avec Berners-Lee et se rendit compte qu’« il ne comprenait carrément pas le concept²⁵ ! » Aucune importance, Cailliau était là pour ça.

La première contribution de Cailliau fut d’affiner la proposition de financement soumise par Berners-Lee aux administrateurs du CERN en la rendant moins vague tout en lui conservant son attractivité. Il commença par le titre, « Gestion des informations ». Il insista pour qu’ils trouvent un nom plus facile à retenir, ce qui ne devait pas être trop difficile. Berners-Lee avait quelques idées. La première était « mine d’information », mais *Mine of Information* abrégé en MOI aurait été quelque peu égocentrique en français. L’autre idée était *The Information Mine*, qui, abrégé en TIM, l’était encore plus. Cailliau rejeta la démarche, souvent utilisée au CERN, consistant à aller pêcher dans l’Antiquité le nom de quelque dieu grec ou pharaon égyptien.

Puis Berners-Lee trouva un nom à la fois direct et descriptif, *Worldwide Web*, la Toile (d'araignée) à l'échelle du monde, métaphore qu'il avait déjà employée dans sa proposition initiale. Cailliau hésita : « On ne peut pas l'appeler comme ça, parce que l'abréviation WWW est plus longue que le nom complet²⁶ ! » Les initiales épelées comptent en effet trois fois plus de syllabes que le nom lui-même. Mais Berners-Lee pouvait être obstiné sans élever le ton. « Ça sonne bien », déclara-t-il. Le titre de la proposition fut donc transformé en « WorldWideWeb : Proposal for a HyperText Project ». Ainsi fut baptisé le Web.

Une fois le projet officiellement accepté, les administrateurs du CERN voulurent le faire breveter. Lorsque Cailliau souleva ce problème, Berners-Lee opposa des objections. Il voulait que le Web se répande et évolue le plus vite possible, ce qui signifiait qu'il devrait être libre (et gratuit) et ouvert. À un moment de la discussion, il porta sur Cailliau un regard accusateur et lui demanda : « Robert, tu veux être riche ? » Pour autant que Cailliau s'en souvienne, sa réaction initiale fut : « Ça sert à quelque chose, non²⁷ ? » Ce n'était pas la réponse correcte : « Apparemment, ça ne l'intéressait pas. Tim ne fait pas ça pour l'argent. Il accepte une bien plus grande gamme de chambres d'hôtel qu'un P-DG²⁸. »

Berners-Lee insista pour que les protocoles du Web soient mis à disposition gratuitement, ouvertement partagés et placés à jamais dans le domaine public. Finalement, tout l'intérêt du Web et l'essence de sa conception, c'était de promouvoir le partage et la collaboration. Le CERN produisit un document déclarant qu'il « renonce à tous ses droits de propriété intellectuelle sur ce code, sous forme source et binaire, et que la permission est accordée à quiconque de l'utiliser, le reproduire, le modifier et le redistribuer²⁹. » Le CERN finit par s'allier à Richard Stallman et adopter sa licence publique générale GNU. Le résultat fut l'un des plus grandioses projets de logiciels libres et open source de toute l'Histoire.

Cette démarche reflétait le style effacé de Berners-Lee. Il était réfractaire à toute tendance à amplifier son importance personnelle. Cet esprit avait des origines plus profondes : une morale fondée sur le partage entre pairs et le respect mutuel, et qu'il avait trouvée dans l'Église unitarienne universaliste. Ainsi qu'il le disait à propos des autres Unitariens : « Ils se rencontrent dans des églises et non dans des hôtels à congrès, et débattent de la justice, de la paix et de la moralité plutôt que de protocoles et de formats de données, mais à d'autres égards le respect mutuel entre pairs est très similaire à celui de l'Internet Engineering Task Force [...] La conception d'Internet et du Web est la recherche d'un ensemble de règles qui permettent aux ordinateurs de travailler ensemble en harmonie, et notre quête

spirituelle et sociale vise un ensemble de règles qui permettent aux humains de travailler ensemble en harmonie³⁰. »

Malgré tout le tapage qui accompagne beaucoup de lancements de produits – songeons aux laboratoires Bell dévoilant le transistor ou à Steve Jobs présentant le Macintosh –, certaines des innovations les plus riches de conséquences s'avancent à pas feutrés sur la scène de l'Histoire. Le 6 août 1991, Berners-Lee consultait le groupe de discussion alt.hypertext sur Usenet lorsqu'il tomba sur cette question : « Quelqu'un est-il au courant d'efforts en recherche ou développement sur des... liens hypertexte permettant l'extraction de données à partir de multiples sources hétérogènes ? » La réponse de Berners-Lee, identifiée « de : timbl@info.cern.ch à 14 h 56 » devint la première annonce publique de l'existence du Web : « Le projet WorldWideWeb vise à permettre l'établissement de liens vers n'importe quelle information où qu'elle soit. Si vous voulez utiliser le code, envoyez-moi un courriel³¹. »

Avec sa personnalité discrète et ce message encore plus discret, Berners-Lee n'avait pas pris toute la mesure de l'idée qu'il avait libérée. *N'importe quelle information où qu'elle soit.* « J'ai passé pas mal de temps à m'assurer que les gens puissent mettre n'importe quoi sur le Web, dirait-il plus de deux décennies plus tard. Je n'imaginais pas que les gens y mettraient littéralement tout³². » Oui, tout. *Cherchez ici à vous informer sur tout.*

Marc Andreessen et Mosaic

Pour pouvoir accéder à des sites sur le Web, les internautes avaient besoin d'un logiciel (dit « client ») sur leurs propres ordinateurs – un navigateur. Berners-Lee en écrivit un qui pouvait à la fois lire et éditer des documents. Il espérait que le Web deviendrait un lieu où les usagers pourraient collaborer, mais son navigateur ne fonctionnait que sur les ordinateurs NeXt, qui étaient rares, et il n'avait ni le temps ni les ressources pour en créer d'autres versions. Aussi recruta-t-il une jeune stagiaire du CERN, Nicola Pellow, étudiante en licence de mathématiques au Leicester Polytechnic, afin qu'elle écrive le premier navigateur multi-usages pour les systèmes d'exploitation UNIX et Microsoft. Il était rudimentaire, mais il fonctionnait. « Il allait être le véhicule permettant au Web de faire son premier pas mal assuré sur la scène mondiale, mais Nicola n'était nullement impressionnée, raconte Cailliau. On lui a confié la tâche, et elle s'y est attelée sans se rendre compte de l'énormité de ce qu'elle allait déchaîner³³. » Puis elle

retourna au Leicester Polytechnic.

Berners-Lee commença à presser d'autres collègues d'améliorer le travail de Nicola Pellow. « Nous avons énergiquement suggéré à tout le monde partout que la création de navigateurs pourrait constituer des projets utiles³⁴. » En automne 1991, il existait déjà une demi-douzaine de versions expérimentales, et le Web se répandit rapidement à d'autres centres de recherche européens.

En décembre de la même année, il franchit l'Atlantique. Paul Kunz, un physicien des particules du Stanford Linear Accelerator Center, visitait le CERN ; Berners-Lee l'enrôla dans la communauté du Web. « Il m'a tordu le bras et a insisté pour que je vienne le voir », raconte Kunz, qui craignait de se voir infliger une ennuyeuse démonstration de gestion de l'information. « Mais ensuite il m'a montré quelque chose qui m'a ouvert les yeux³⁵. » C'était un navigateur Web tournant sur le NeXT de Berners-Lee et qui sollicitait des informations détenues par un ordinateur IBM quelque part dans le monde. Kunz rapporta le logiciel dans ses bagages et <http://slacvm.slac.stanford.edu/> devint le premier serveur Web créé aux États-Unis.

Le World Wide Web atteignit sa vitesse orbitale en 1993. Il y avait cinquante serveurs Web dans le monde au début de l'année, il y en avait déjà cinq cents en octobre. L'une des raisons de cet essor était que la principale autre solution pour accéder à des informations sur le Web était un protocole d'émission-réception, Gopher, développé à l'université du Minnesota^{*1}, et que le bruit courut que ses développeurs projetaient de faire payer l'usage du logiciel sur les serveurs. Une impulsion plus importante fut donnée par la création du premier navigateur web facile à installer doté de possibilités graphiques, Mosaic. Il fut développé au Centre national d'applications pour superordinateurs (NCSA, pour *National Center for Supercomputing Applications*) sur le campus d'Urbana-Champaign à l'université de l'Illinois, centre qui avait été financé par la loi Gore.

L'homme – ou le grand garçon – responsable de Mosaic était Marc Andreessen, un étudiant de licence aimable mais intensément motivé. Ce joyeux géant d'un mètre quatre-vingt-treize né dans les champs de maïs de l'Iowa en 1971 et élevé au Wisconsin était un fan des pionniers d'Internet, dont les écrits l'inspirèrent : « Quand j'ai eu en main un exemplaire du "Comme nous pouvons le penser" de Vannevar Bush, je me suis dit "Ouais, c'est bien ça ! Il avait déjà tout compris !" Bush avait imaginé Internet aussi complètement qu'on le pouvait à une époque où l'on n'avait pas d'ordinateurs numériques. Lui et Charles Babbage sont au même niveau. » Un autre de ses héros était

Douglas Engelbart : « Son labo était le nœud numéro quatre d'Internet, un peu comme s'il avait le quatrième téléphone du monde. Il avait prévu avec une justesse stupéfiante ce que serait Internet avant même qu'il ne soit construit³⁶. »

Lorsque Andreessen vit une démonstration du Web en novembre 1992, il en fut sidéré. Il recruta donc un chercheur du NCSA et programmeur de haute volée, Eric Bina, pour s'associer avec lui dans la création d'un navigateur plus attrayant. Ils adoraient les concepts de Berners-Lee, mais trouvaient le logiciel d'application du CERN terne et dépourvu de charme. « Si quelqu'un arrivait à élaborer la bonne combinaison navigateur-serveur, ça deviendrait vraiment intéressant, dit Andreessen à Bina. On peut démarrer là-dessus et vraiment faire marcher le truc³⁷. »

Deux mois durant, ils s'adonnèrent à une orgie de programmation qui rivalisa avec celles de Bill Gates et Paul Allen. Trois ou quatre jours de suite, ils écrivaient du code sans interruption – Andreessen carburait au lait et aux gâteaux secs, Bina aux bonbons Skittles et à la boisson énergisante Mountain Dew – puis ils s'écroulaient et se prenaient un jour complet pour récupérer. Ils étaient parfaitement complémentaires : Bina était un programmeur méthodique, Andreessen un visionnaire bloqué sur le produit³⁸.

Le 23 juin 1993, avec rien qu'un tout petit plus de fanfare que Berners-Lee lorsqu'il avait lancé le Web, marca@ncsa.uiuc.edu annonça Mosaic sur le forum Internet www-talk : « En vertu des pouvoirs qui me sont conférés par personne en particulier, la version alpha/bêta 0.5 des systèmes informatiques réseautés à base Motif du NCSA et navigateur du World Wide Web, X Mosaic, est rendue publique. » Berners-Lee, initialement charmé, afficha une réponse deux jours plus tard : « Brillant ! Chaque nouveau navigateur est plus sexy que le précédent. » Il ajouta Mosaic à la liste croissante des navigateurs disponibles en téléchargement sur info.cern.ch³⁹.

Mosaic était populaire parce qu'il était simple à installer et qu'il permettait d'incruster des images dans les pages Web. Mais il devint encore plus populaire parce qu'Andreessen connaissait l'un des secrets des entrepreneurs de l'ère digitale : il écoutait fanatiquement les réactions des utilisateurs et passait du temps dans les groupes de discussion Internet à absorber suggestions et doléances. Ensuite il publiait obstinément des versions actualisées : « C'était fascinant de lancer un produit et d'avoir un retour immédiat. Ce que je tirais de cette boucle de rétroaction, c'était l'indication instantanée de ce qui marchait et ce qui ne marchait pas⁴⁰. »

L'obsession d'Andreessen pour l'amélioration continue du produit

impressionna Berners-Lee : « On lui envoyait un rapport d'erreur, et deux heures plus tard il vous renvoyait la correction par mail⁴¹. » Des années plus tard, devenu capital-risqueur, Andreessen s'imposa comme règle de favoriser les start-up dont les fondateurs se concentraient sur le code et sur le suivi des clients plutôt que sur les tableaux et les présentations : « Ce sont elles les futures sociétés qui pèseront des milliards de dollars⁴². »

Il y avait toutefois dans le navigateur d'Andreessen quelque chose de décevant qui finit par agacer Berners-Lee. Mosaic était esthétique, éblouissant, même, mais Andreessen s'efforçait avant tout de mettre en œuvre des médias riches pour publier des pages attrayantes, alors que pour Berners-Lee il fallait se concentrer sur la fourniture d'outils qui faciliteraient une collaboration sérieuse. C'est pourquoi, en mars 1993, après une réunion à Chicago, il traversa en voiture « les champs de maïs apparemment interminables » du centre de l'Illinois pour rendre visite à Andreessen et Bina au NCSA.

Berners-Lee n'en garda pas un bon souvenir : « Toutes mes rencontres antérieures avec des développeurs de navigateurs avaient été des rencontres au niveau de l'intellect. Mais il y avait dans celle-ci une sorte de tension insolite. » Il avait l'impression que les développeurs de Mosaic, qui avaient leur propre personnel de relations publiques et soignaient beaucoup leur notoriété, « tentaient de se faire reconnaître comme le centre du développement du Web et de le rebaptiser carrément Mosaic⁴³ ». Il lui sembla qu'ils essayaient de mettre la main sur le Web, et peut-être d'en tirer bénéfice^{*2}.

Andreessen trouva le récit de Berners-Lee amusant : « Quand Tim s'est pointé, c'était plus une visite officielle qu'une séance de travail. Le Web était déjà devenu un feu de brousse qu'il ne contrôlait plus, et il le vivait mal. » L'opposition de Berners-Lee à l'inclusion d'images lui sembla relever d'un purisme désuet. « Il ne voulait que du texte. Il excluait spécifiquement les magazines. Il avait une vision très épurée. Au fond, il voulait que le Web soit utilisé pour les articles scientifiques. D'après lui, les images étaient le premier pas sur la route de l'enfer. Et la route de l'enfer, c'est le contenu multimédias et les magazines, les couleurs criardes, les jeux et les trucs de grande consommation. » Andreessen, qui ciblait le consommateur, trouvait que pareil discours relevait de l'élucubration universitaire. « Je viens du Midwest et je suis plutôt du genre manuel. Si les gens veulent des images, ils en auront. Et que ça saute⁴⁴ ! »

Une critique plus fondamentale de Berners-Lee était qu'en se concentrant sur des détails d'affichage tapageurs, comme les effets multimédias et les polices de caractères exotiques, Andreessen

négligeait une fonction qui aurait dû être intégrée au navigateur : des outils d'édition permettant aux usagers d'interagir avec le contenu d'une page Web et d'y contribuer. L'attention portée à l'affichage au détriment des outils d'édition poussait doucement le Web à devenir une plate-forme de publication pour des gens disposant de serveurs plutôt qu'un lieu propice à la collaboration et à la créativité partagée : « J'ai été déçu de voir que Marc n'avait pas mis d'outils d'édition dans Mosaic. S'il y avait eu plus d'insistance à se servir du Web comme d'un média collaboratif plutôt qu'un média de publication, je pense qu'il serait beaucoup plus puissant aujourd'hui⁴⁵. »

D'anciennes versions de Mosaic avaient certes un bouton « collaboration » qui permettait aux usagers de télécharger un document, de travailler dessus et de l'afficher à nouveau. Mais le navigateur n'était pas un éditeur complet et Andreessen avait l'impression qu'il ne serait pas pratique de le transformer ainsi. « J'étais stupéfait par ce mépris quasi universel envers la création d'un éditeur, déplorait Berners-Lee. Sans un éditeur hypertexte, les gens n'auraient pas les outils pour se servir véritablement du Web comme d'un média intime et collaboratif. Les navigateurs leur permettraient de trouver et de partager des informations, mais ils ne pourraient pas travailler ensemble de manière intuitive⁴⁶. » Jusqu'à un certain point, Berners-Lee avait raison. En dépit de l'étonnant succès du Web, le monde aurait été un lieu plus intéressant si le Web avait été étudié pour être un média plus collaboratif.

Berners-Lee rendit aussi visite à Ted Nelson, qui habitait sur une péniche à Sausalito, à l'ombre du Golden Gate Bridge. Vingt-cinq ans plus tôt, Nelson avait inauguré le concept d'un réseau hypertexte avec son projet Xanadu, demeuré inachevé. Ce fut une rencontre agréable, mais Nelson était agacé de constater qu'il manquait au Web des éléments cruciaux présents dans Xanadu⁴⁷. Il estimait qu'un réseau hypertexte devrait disposer de liens bidirectionnels, ce qui exigerait à la fois l'approbation de la personne créant le lien et celle de la personne sur la page de laquelle le lien vous dirigeait. Pareil système aurait l'avantage supplémentaire de permettre des micropaiements au profit des producteurs de contenu. « Le HTML est précisément ce que nous tentions d'empêcher – des liens qui se brisent sans cesse, des liens uniquement orientés vers l'extérieur, des citations dont on ne peut pas remonter à l'origine, pas de gestion de versions, pas de gestion des droits », se plaindrait plus tard Nelson⁴⁸.

Si le système de liens bidirectionnels de Nelson avait prévalu, il aurait été possible de chronométrer l'usage des liens et de permettre à de modestes paiements automatiques de profiter aux producteurs des contenus utilisés. Toute l'économie de la publication, du journalisme

et des blogs en aurait été changée. Les producteurs de contenu numérique auraient pu être facilement rémunérés d'une manière harmonieuse autorisant une variété de modèles de revenu, y compris ceux qui ne dépendaient pas d'un asservissement exclusif aux annonceurs. Au lieu de quoi le Web est devenu un domaine où les agrégateurs de contenus pouvaient gagner plus d'argent que les producteurs de contenus. Le journalisme chez les grands groupes de médias comme sur les petits sites de blogs avait moins de possibilités de rémunération. Comme l'a soutenu Jaron Lanier, auteur de *Qui possède notre futur ?*, « tout le système consistant à utiliser la publicité pour financer la communication sur Internet porte le germe de sa propre destruction. Si vous avez des liens retour universels, vous avez une base pour des micropaiements quand les informations de quelqu'un sont utiles à quelqu'un d'autre⁴⁹. » Mais un système de liens bidirectionnels et de micropaiements aurait exigé un minimum de coordination centralisée et n'aurait pas facilité la prolifération du Web, et Berners-Lee résista donc à cette idée.

Au moment où le Web décollait en 1993-1994, j'étais le rédacteur en chef chargé des nouveaux médias chez Time Inc., et donc de la stratégie Internet du groupe. Nous avions au départ passé des accords avec les services de télématique par modem, tels que AOL, CompuServe et Prodigy. Nous fournissions notre contenu, commercialisions leurs services auprès de nos abonnés, gérons les salons de discussion et les forums des serveurs télématiques qui constituaient des communautés de membres. Ce qui nous permettait d'exiger entre un et deux millions de dollars en droits d'auteur annuels.

Quand Internet, système ouvert, devint une solution de rechange à ces services en ligne fermés dits « propriétaires », il sembla offrir l'occasion de prendre le contrôle de notre destin et de nos abonnés. Lors du déjeuner d'avril 1994 des National Magazine Awards, j'eus une conversation avec Louis Rossetto, rédacteur en chef et fondateur de *Wired*, sur la question de savoir quels seraient pour nous les meilleurs parmi les protocoles et outils de recherche Internet en voie d'apparition : Gopher, Archie, FTP, le Web. Il suggéra que le meilleur choix était le Web à cause des bonnes fonctions d'affichage graphique intégrées à des navigateurs tels que Mosaic. En octobre 1994 eut lieu le lancement quasi simultané de HotWired.com et d'une collection de sites Web de chez Time Inc.

Nous expérimentâmes la reprise de nos marques établies – *Time*, *People*, *Life*, *Fortune*, *Sports Illustrated* – et aussi la création d'un

nouveau portail, pathfinder.com. Nous créâmes également une gamme de nouvelles marques, depuis *Virtual Garden* jusqu'à *Netly News*. Nous avions au départ prévu de faire payer un forfait ou abonnement modique, mais les acheteurs d'espace des publicitaires de Madison Avenue furent si enthousiasmés par le nouveau média qu'ils assiégèrent nos bureaux et proposèrent de nous rémunérer les bannières publicitaires que nous avions développées pour nos sites. C'est ainsi que nous-mêmes et d'autres entreprises de presse décidâmes qu'il valait mieux rendre notre contenu gratuit et accumuler un maximum de lecteurs et de clics pour les voraces annonceurs.

Ce qui s'avéra ne pas être un modèle économique durable⁵⁰. Le nombre de sites Web et donc l'offre d'espace publicitaire progressait de manière exponentielle tous les trois ou quatre mois, mais le budget publicitaire total demeurerait relativement stable. Par conséquent, les tarifs de la publicité finirent par s'effondrer. Ce n'était pas non plus un modèle sain d'un point de vue éthique : il encourageait les journalistes à satisfaire principalement les désirs des annonceurs plutôt que les besoins des lecteurs. À ce stade, toutefois, les consommateurs étaient déjà conditionnés à croire que le contenu devait être gratuit. Il fallut attendre deux décennies avant qu'on n'essaie de remettre ce mauvais génie dans la bouteille.

À la fin des années 1990, Berners-Lee essaya de développer un système de micropaiements pour le Web au travers du World Wide Web Consortium (W3C) qu'il présidait. L'idée était de concevoir un moyen d'intégrer à une page Web les informations nécessaires pour traiter le paiement d'une somme modique, ce qui permettrait la création de différents services de « porte-monnaie électronique » par des banques ou des entrepreneurs. Ce système ne fut jamais mis en œuvre, d'abord à cause de la complexité sans cesse changeante des réglementations bancaires. « Quand nous avons commencé, la première chose que nous avons essayée a été de permettre le paiement de petites sommes aux gens qui affichaient du contenu, explique Andreessen. Mais nous n'avions pas les ressources de l'université de l'Illinois pour appliquer ce programme. Nous étions bloqués par les systèmes de cartes de crédit et le système bancaire. Nous avons vraiment tout essayé, mais que c'était pénible de traiter avec ces mecs ! Cosmiquement pénible⁵¹. » En 2013, Berners-Lee commença à ressusciter certaines des activités du Groupe de travail sur le balisage des micropaiements de W3C : « Nous examinons à nouveau les protocoles de micropaiement. Cela changerait beaucoup le Web. Cela pourrait être vraiment positif. La capacité de payer pour un bon article ou une bonne chanson pourrait aider plus de gens qui écrivent ou font

de la musique⁵². » Andreessen espérait que Bitcoin^{*3}, une monnaie électronique et système de paiement pair à pair créée en 2009, deviendrait le modèle pour de meilleurs systèmes de paiement : « Si j'avais une machine à remonter le temps et que je puisse retourner en 1993, une chose est sûre, j'intégrerais Bitcoin ou une forme similaire de crypto-monnaie⁵³. »

Time Inc. – et d'autres groupes de médias – commirent une autre erreur, à mon avis : nous abandonnâmes nos efforts visant à créer une communauté quand nous nous implantâmes sur le Web au milieu des années 1990. Sur nos sites AOL et CompuServe, une bonne part de nos efforts avait été consacrée à créer des communautés avec nos usagers. L'un des tout premiers animateurs de The WELL, Tom Mandel, fut recruté pour superviser les serveurs télématiques de *Time* et régner en meneur de jeu sur nos salons de discussion. Afficher des articles du magazine était moins important que la création d'une connectivité sociale et d'une communauté parmi nos usagers. Quand nous émigrâmes sur le Web en 1994, nous essayâmes, au début, de reproduire cette démarche. Nous créâmes des serveurs télématiques et des groupes de discussion en ligne sur le portail Pathfinder et incitâmes nos ingénieurs à reproduire la simplicité des fils de discussion AOL.

Mais, à la longue, nous commençâmes à prêter plus d'attention à la publication en ligne de nos propres articles qu'à la création de communautés d'usagers ou aux moyens d'accueillir des contenus générés par les internautes. Nous-mêmes, chez Time Inc., et d'autres groupes de médias reconfigurâmes nos publications papier en pages Web destinées à être passivement consommées par nos lecteurs, transformant les discussions en un chapelet de commentaires de lecteurs égrenés en bas de page. C'étaient souvent des délires et des idioties non soumis au contrôle éditorial et que peu de gens, nous y compris, prenaient la peine de lire. Contrairement aux groupes de discussion Usenet ou à The WELL ou AOL, l'intérêt n'était pas concentré sur les discussions, les communautés, et les contenus créés par les usagers. Au lieu de quoi le Web devint une plate-forme de publication proposant du vieux – le type de contenu qu'on pouvait trouver dans les publications papier – sous un emballage neuf, comme aux premiers temps de la télévision, où les émissions n'étaient rien d'autre que de la radio avec l'image en plus. Et ce fut pour nous le marasme.

Heureusement, « la rue trouve toujours le moyen de se servir du progrès à ses propres fins », et de nouvelles formes de médias ne

tardèrent pas à se développer pour profiter des nouvelles technologies. Appelé par la montée en puissance des *blogs* et des *wikis*, qui émergèrent les uns et les autres au milieu des années 1990, un Web 2.0 apparut, qui permettait aux internautes de collaborer, interagir, former des communautés et générer leur propre contenu.

Justin Hall et comment les *web logs* devinrent des blogs

En décembre 1993, Justin Hall, étudiant de première année au Swarthmore College, près de Philadelphie, ramassa un exemplaire du *New York Times* qui traînait dans la cafétéria et lut un article de John Markoff sur le navigateur Mosaic : « Représentez-le vous comme une carte vous guidant vers les trésors enfouis de l'ère de l'information. Un nouveau programme logiciel mis gratuitement à la disposition des entreprises et des particuliers aide même les usagers novices de l'informatique à se repérer dans l'internet mondial, le réseau des réseaux, qui est riche en informations mais où la navigation peut s'avérer difficile⁵⁴. » Sourire de geek malicieux, crinière blonde lui retombant sur les épaules, Justin Hall, svelte maniaque de l'informatique, semblait un croisement entre Huckleberry Finn et un elfe à la Tolkien. Comme il avait passé son enfance à Chicago à solliciter des serveurs télématiques par modem interposé, il téléchargea illico le navigateur et commença à surfer : « Le concept m'a complètement scié⁵⁵. »

Il comprit rapidement que « Presque tous les gens qui publiaient en ligne étaient des amateurs, des gens qui n'avaient rien à dire. » Il décida donc de créer un site Web avec un Apple PowerBook et un logiciel MacHTTP qu'il avait téléchargé gratuitement – un site pour s'amuser, pour lui-même et d'autres qui partageaient son look impertinent et ses obsessions adolescentes. « Je pouvais afficher mes écrits et paroles par voie électronique, soigner la présentation et attaquer le Web avec des liens⁵⁶. » Il mit son site en ligne à la mi-janvier 1994 et, quelques jours plus tard, il fut enchanté de voir s'y hasarder des internautes de tous les coins du Web.

Sa première page d'accueil était d'une familiarité provocante. Elle comprenait une photo de Hall lui-même bouffonnant derrière le colonel Oliver North, une autre de Cary Grant en train de prendre du LSD, et une apostrophe sincère à l'adresse de « Al Gore, premier piéton officiel de l'autoroute à péage de l'information ». Le ton était plutôt décontracté : « Salut ! Ici l'informatique du XXI^e siècle. Ça valait la peine d'attendre ? Si je publie ce truc, et qu'a priori vous le lisez, je crois que c'est un peu pour répondre à cette question, hein ? »

À l'époque, il n'y avait pas d'annuaires du Web ni de moteurs de recherche, excepté de très sérieux répertoires ou index comme le W3 Catalog d'Oscar Nierstrasz à l'université de Genève et la page « Quoi de neuf ? » du NCSA sur le site de l'université de l'Illinois. Hall en inventa donc un pour son site, qu'il intitula élégamment « *Here's a Menu of Cool Shit* ». Peu après, en hommage aux *Mémoires écrits dans un souterrain* de Dostoïevski, il le rebaptisa « *Justin's Links from the Underground* ». On y trouvait des liens vers l'Electronic Frontier Foundation, la Banque mondiale, et des sites Web créés par des amateurs de bière, des fans de raves, et un certain Ranjit Bhatnagar de l'université de Pennsylvanie qui avait créé une page Web similaire. « L'auteur est un mec très cool, faut me croire », notait Hall. Il affichait aussi une liste d'enregistrements pirates de concerts de groupes comme Jane's Addiction et Porno for Pyros, avec la mention : « Laissez-moi un message si ces trucs vous intéressent, ou si vous en avez de votre côté. » Vu les fixations de Justin Hall et des usagers de son site, rien d'étonnant à ce qu'on y trouve aussi de nombreuses sections consacrées à l'érotisme, dont des pages intitulées « Enquête sur la sexualité dans la Connurb' » et « Liste licite des liens lascifs ». Il prévenait les usagers : « N'oubliez pas d'essayer le sperme sur votre clavier ! »

Les « Liens du Souterrain » de Justin Hall ouvrirent la voie à une prolifération d'indexeurs, tels que Yahoo, puis Lycos et Excite, qui commencèrent à s'épanouir dans le courant de 1994. Mais en plus de fournir un portail vers le pays des merveilles du Web, Hall créa quelque chose de bizarrement séduisant qui s'avéra être encore plus significatif : un journal de bord (*log*) en ligne de ses activités personnelles, pensées fugaces, réflexions profondes et rencontres intimes. Ce *Web log* devint la première forme totalement inédite de contenu créée pour les réseaux d'ordinateurs individuels et portée par eux. Celui de Hall comprenait des poèmes poignants sur le suicide de son père, des rêveries sur ses diverses pulsions sexuelles, des photos de son pénis, des histoires à la fois énervantes et attachantes sur son beau-père, et d'autres effusions qui oscillaient de part et d'autre de la frontière de l'excès d'information (TMI pour *Too Much Information*). Bref, il devint le voyou fondateur de la blogosphère.

« Je collaborais au magazine littéraire du lycée et j'avais publié des trucs très personnels. » Cette formule devint la recette de son blog et des nombreux blogs à venir : rester décontracté, être intime, être provocant. Il afficha une photo de lui, debout, entièrement nu sur une scène, cliché qu'il n'avait pas eu le droit d'utiliser dans l'album de fin d'année scolaire, avec une allusion aux rédactrices du *yearbook* « étouffant des rires en reluquant la photo en noir et blanc de mon

zizi ». Plus tard, il raconta un épisode de rapports sexuels douloureux avec une fille, à l'issue desquels son prépuce avait enflé ; l'article était illustré de nombreux gros plans de sa configuration génitale. Ce faisant, il contribua à inaugurer une sensibilité nouvelle. « J'ai toujours essayé de provoquer, et la nudité fait partie de la provocation, explique-t-il, alors j'ai derrière moi une longue habitude de faire des choses qui feraient rougir ma mère⁵⁷. »

L'empressement de Hall à repousser les frontières du *Too Much Information* devint la marque de fabrique du bloguisme. C'était l'impertinence élevée au niveau d'une attitude morale. « TMI, c'est comme les données de labo basiques de toutes nos expérimentations humaines, expliquerait-il plus tard. Si vous révélez TMI, les gens peuvent se sentir un peu moins seuls. » Ce qui, en effet, n'était pas une prouesse triviale. Rendre les gens un peu moins seuls faisait partie de l'essence d'Internet.

Le cas du prépuce enflé de Hall est exemplaire : dans les heures qui suivirent, des internautes du monde entier affichèrent des commentaires présentant leurs propres expériences en la matière et offrant des indications sur les guérisons et l'assurance que cette pathologie était temporaire. Un cas plus poignant est celui des messages affichés par Hall à propos de son père, un alcoolique qui s'était suicidé quand son fils avait deux ans : « Mon père était un homme plein d'humour, humaniste, sensible. Et aussi un salaud intolérant et rancunier. » Hall racontait que son père lui chantait des chansons de Joan Baez, mais aussi qu'il sifflait des bouteilles de vodka, brandissait des armes à feu et houspillait les serveuses. Quand Hall eut appris qu'il avait été la dernière personne à parler avec son père avant qu'il ne se tue, il afficha un poème : « Qu'avons-nous dit / je me le demande / et / cela avait-il de l'importance ? / Aurais-je pu te faire changer d'avis ? » Ces textes déclenchèrent la naissance d'un groupe de soutien virtuel. Des lecteurs envoyèrent leurs propres témoignages, et Hall les afficha. Le partage suscita des connexions. Emily Ann Merkler s'était battue contre l'épilepsie qui lui avait pris son père. Russell Edward Nelson ajouta des scans du permis de conduire de son père décédé et d'autres documents. Werner Brandt envoya en mémoire de son père une page-souvenir comportant des airs de piano qu'il avait aimés. Justin afficha le tout avec ses propres réflexions. Il avait découvert le réseautage social : « Internet encourage la participation. Je m'exhibe sur le Web en espérant que ça donnera l'idée aux gens de mettre un peu d'âme dans leur organisme. »

Quelques mois après avoir démarré son *Web log*, Hall réussit, après un bombardement tenace de coups de téléphone et de courriels, à

décrocher un stage pour l'été 1994 chez HotWired.com à San Francisco. Le mensuel *Wired*, sous la houlette de son charismatique rédacteur en chef, Louis Rossetto, était en train de créer l'un des premiers sites Web de magazines. Le rédacteur délégué était Howard Rheingold, un philosophe en ligne plein d'intuition qui venait de publier *Les Communautés virtuelles*, description des conduites sociales et des satisfactions découlant de ce qu'il appelait « l'installation sur la frontière électronique ». Hall devint l'ami et le protégé de Rheingold, et à eux deux ils croisèrent le fer avec Rossetto pour sauvegarder l'âme du nouveau site⁵⁸. »

Rheingold estimait que HotWired.com, contrairement au magazine papier, devrait être une communauté avec un minimum de contrôle, une « jam-session mondiale » remplie de contenus générés par les usagers. « Je faisais partie de la faction de Howard, les gens qui avaient l'impression que la communauté était importante et qui voulaient construire des forums d'usagers et des outils qui permettraient facilement aux gens de se commenter les uns les autres », raconte Hall. Ils préconisaient l'élaboration de moyens permettant aux membres de la communauté de développer leur propre identité et réputation en ligne. « La valeur, c'est les usagers qui parlent aux usagers, soutenait Hall devant Rossetto. Les gens sont le contenu. »

Rossetto, en revanche, estimait que HotWired.com devrait être une plate-forme de publication minutieusement conçue qui comporterait une riche iconographie, une extension de la marque *Wired* qui créerait une identité *Wired* frappante sur le Web. « Nous avons à notre disposition ces grands artistes et nous devrions les mettre en valeur, soutenait-il. Nous allons faire quelque chose de beau, de professionnel, de sophistiqué, parce que c'est cela qui manque au Web. » Élaborer un tas d'outils pour du contenu et des commentaires générés par les usagers serait « une diversion superflue⁵⁹ ».

Le débat se traduisit en réunions prolongées et en cascades de courriels passionnés. Mais Rossetto triompha, et son point de vue, partagé par beaucoup d'autres rédacteurs en chef de la presse écrite, finit par façonner l'évolution du Web, qui devint principalement une plate-forme pour publier du contenu et non pour créer des communautés virtuelles. « L'ère d'Internet en libre accès est terminée », déclara Rossetto⁶⁰.

Lorsque Hall eut terminé son stage d'été prolongé chez HotWired, il décida de devenir un évangéliste au service de la cause opposée et de militer pour que le libre accès à Internet soit célébré et soutenu dans tous ses aspects. Avec moins de sophistication sociologique qu'un

Howard Rheingold, mais plus d'exubérance juvénile, il commença à prêcher la rédemption par les communautés virtuelles et les *Web logs*. « J'ai mis ma vie en ligne, raconté des histoires sur les gens que je connais et les trucs qui m'arrivent quand je ne suis pas dans les nuages, expliquait-il en ligne au bout d'un an. Parler de moi, ça me donne l'énergie de continuer. »

Ses manifestes décrivaient l'attrait d'un nouveau média en libre accès. « Quand nous racontons des histoires sur Internet, nous revendiquons l'usage de l'ordinateur pour la communication et la communauté, contre le mercantilisme grossier », déclarait-il dans un de ses premiers messages. Comme il avait grandi en passant des heures sur les forums des serveurs télématiques primitifs, il voulait retrouver l'esprit des groupes de discussion Usenet et de The WELL.

C'est ainsi que Justin Hall devint le Johnny Pépin-de-Pomme qui planterait des blogs au lieu de pommiers. Sur son site, il afficha la proposition d'enseigner la publication en HTML aux internautes qui voudraient l'héberger une nuit ou deux. Pendant l'été 1996, il traversa donc les États-Unis en minibus, faisant halte chez les gens qui l'avaient pris au mot. « Il s'est emparé d'un média conçu à l'origine comme un dépôt de savoir universitaire et l'a adapté à l'échelle de l'individu », écrivait Scott Rosenberg dans son histoire des blogs, *Vous pouvez tout dire*⁶¹. Certes, mais il a aussi contribué à faire quelque chose de plus : ramener Internet et le Web à leur destination initiale, être des outils pour le partage et non des plates-formes pour la publication commerciale. Le *Web logging* humanisa Internet, ce qui fut une transformation non négligeable. « L'usage optimal de la technologie améliore l'humanité, soutenait Hall. Ainsi pouvons-nous donner forme à notre récit, partager notre vécu et nous connecter⁶². »

Le phénomène se répandit rapidement. En 1997, Jorn Barger, qui gérait le site Web littéraire Robot Wisdom, créa le terme *weblog* (en un seul mot) et, deux ans plus tard, un concepteur de sites Web, Peter Merholz, redécoupa facétieusement le terme en disant qu'il allait employer l'expression *we blog* (« nous bloguons »). Et le mot *blog* entra dans le langage courant^{*4}. En 2014, il y avait déjà huit cent quarante-sept millions de blogs dans le monde.

Ce phénomène de société ne fut pas apprécié à sa juste mesure par l'élite scripturale traditionnelle. Il était facile – et pas totalement incorrect – de dénigrer une grande partie des âneries égocentriques visibles sur les blogs et de toiser d'un regard méprisant les gens qui passaient leurs soirées à afficher leur vie sur des pages Web rarement consultées. Mais, comme le fit remarquer très tôt Arianna Huffington quand elle créa son magazine en ligne, le *Huffington Post*, si les gens

décidaient de participer à ces actes de discours social, c'est qu'ils y trouvaient un épanouissement⁶³. Ils avaient ainsi l'occasion d'exprimer leurs idées, de les affiner en vue de la consommation publique, et d'avoir des réactions en retour. C'était une nouvelle chance pour les gens qui passaient précédemment leurs soirées à consommer passivement ce dont on les gavait via leurs écrans de télé. « Avant l'arrivée d'Internet, la plupart des gens n'écrivaient pratiquement plus rien du tout pour le plaisir ou la satisfaction intellectuelle une fois qu'ils avaient quitté le lycée ou la fac », notait Clive Thompson dans son livre *Plus intelligent que vous le croyez*. C'est une réalité particulièrement difficile à saisir pour les membres des professions libérales dont les activités exigent d'écrire en permanence, comme les universitaires, les journalistes, les juristes ou les publicitaires⁶⁴. »

À sa manière innocente, Justin Hall comprit la valeur de ce raisonnement. C'était ce qui allait différencier l'ère numérique de l'ère de la télévision. « En nous auto-publiant sur le Web, nous rejetons le rôle de récepteurs passifs du marketing médiatisé, écrivait-il. Si nous avons tous un lieu où afficher nos pages – la chaîne Howard Rheingold, la chaîne du Lycée-Urbain-Qui-Monte –, il est impossible que le Web finisse par être aussi banal et médiocre que la télévision. Il y aura autant d'endroits où trouver du contenu frais et motivant qu'il y a de gens qui veulent à tout prix être entendus. La narration sincère d'histoires vécues est le meilleur moyen d'empêcher Internet et le World Wide Web de devenir un immense dépotoir⁶⁵. »

Ev Williams et blogger

En 1999, les blogs proliféraient déjà. Ils n'étaient plus exclusivement la cour de jeux d'exhibitionnistes non conformistes comme Justin Hall qui affichaient au jour le jour leur vécu et leurs fantasmes. Ils étaient devenus une plate-forme pour des francs-tireurs de l'édition, des journalistes citoyens, des militants, polémistes, activistes et analystes. Mais il y avait un problème : publier et gérer un blog indépendant exigeait un minimum de compétence en programmation et l'accès à un serveur. La création d'une simplicité conviviale est l'un des secrets des innovations réussies. Pour que les blogs deviennent un nouveau média qui transformerait l'édition et démocratiserait la parole publique, il fallait rendre l'opération facile, aussi facile que « Tapez le texte dans cette case puis appuyez sur ce bouton. » C'est là qu'entre en scène Ev Williams.

Né en 1972 dans une exploitation de maïs et de soja en lisière du hameau de Clarks, au Nebraska (374 habitants), Evan Williams,

adolescent filiforme, timide et souvent solitaire, avait grandi sans jamais s'intéresser ni à la chasse ni au football américain, ce qui faisait de lui un original. Au lieu de quoi il jouait au Lego, construisait des skate-boards en bois, désossait des bicyclettes et passait pas mal de temps, perché sur le tracteur familial peint en vert, après avoir terminé sa corvée d'irrigation, à scruter l'horizon et à rêvasser. « Les livres et les revues étaient mon ouverture sur le monde extérieur, raconte-t-il. Ma famille ne voyageait pratiquement jamais, alors je ne suis allé nulle part⁶⁶. »

Il ne disposait pas d'un ordinateur pendant son adolescence, mais lorsqu'il alla à l'université du Nebraska en 1991, il découvrit l'univers des services en ligne et de la télématique. Il se mit à lire tout ce qu'il pouvait trouver sur Internet, et s'abonna même à une revue spécialisée dans les serveurs télématiques. Après avoir décroché de l'université, il décida de créer une entreprise pour produire des CD-ROM expliquant l'univers en ligne aux hommes d'affaires locaux. Tournées dans son sous-sol avec un caméscope d'emprunt, les vidéos évoquaient une émission de télé associative à budget restreint et n'eurent aucun succès. Il émigra donc en Californie et prit un emploi comme rédacteur adjoint chez l'éditeur technologique O'Reilly Media, où il révéla son esprit d'indépendance et sa susceptibilité en envoyant un courriel à tout le personnel pour communiquer son refus de rédiger un texte pour l'un des produits de la société parce que c'était « de la merde ».

Doté de l'instinct d'un entrepreneur en série, il brûlait en permanence de créer ses propres sociétés et, au début de 1999, il lança Pyra Labs avec Meg Hourihan, une femme d'affaires avisée avec qui il avait eu une brève relation. Contrairement à d'autres qui s'empressaient de sauter dans la frénésie des start-up de cette période, ils se concentrèrent sur un usage d'Internet conforme à sa vocation première : la collaboration en ligne. Pyra Labs proposait un ensemble intégré d'applications Web permettant à des équipes de partager des programmes de projets, des listes de tâches et des documents créés collectivement. Williams et Meg Hourihan s'aperçurent qu'ils avaient besoin d'un moyen simple de partager leurs idées en l'air et autres sujets intéressants, alors ils commencèrent à les afficher sur un petit site Web interne, surnommé *Stuff* (« Trucs et Machins »).

À cette époque, Ev Williams, qui adorait depuis toujours revues et publications, s'était déjà mis à lire les blogs. Délaisant les journaux intimes comme celui de Justin Hall, il devint un fan des commentateurs technologiques tels que Dave Winer, qui avait créé l'un des premiers *weblogs*, Scripting News, et conçu pour lui un format de syndication XML⁶⁷.

Williams avait sa propre page d'accueil, EvHead, sur laquelle il affichait une section de notes et de commentaires actualisés. Comme d'autres qui ajoutaient de tels carnets de bord à leurs pages d'accueil, il était obligé de saisir chaque article et sa mise à jour en utilisant le code HTML. Désireux de simplifier ce processus, il rédigea un simple script logiciel qui convertissait automatiquement ses annotations dans le format correct. Ce petit stratagème transforma la procédure : « L'idée que je puisse avoir une pensée et la saisir sous une certaine forme pour qu'elle soit sur mon site Web en quelques secondes a totalement transformé cette expérience. C'était l'une de ces choses qui, en automatisant la procédure, changeaient complètement ce que j'étais en train de faire⁶⁸. » Il ne tarda pas à se demander si ce petit accessoire ne pourrait pas devenir un produit à part entière.

L'un des principes de base pour la réussite d'une innovation est de se concentrer sur l'objectif. Williams savait que sa première entreprise avait été un échec parce qu'elle essayait de faire trente choses à la fois et n'en avait réussi aucune. Meg Hourihan, qui avait été conseillère en gestion, était inflexible : ce script de conversion pour blogueur était un bon outil, mais il représentait une distraction. Il ne pourrait jamais être un produit commercial. Williams acquiesça, mais en mars il fit discrètement enregistrer le nom de domaine blogger.com. Il n'avait pu y résister : « Je suis depuis toujours un mec branché produit, et j'arrête pas de penser à des produits, et je me suis dit que ça serait une petite idée bien cool. » En juillet, pendant que Meg Hourihan était en vacances, il lança Blogger en tant que produit séparé, sans le lui dire. Il appliquait un autre principe de base de l'innovation : ne pas rester *trop* concentré.

Quand Meg Hourihan rentra et découvrit ce qui s'était passé, elle commença à pousser des hauts cris et menaça de partir. Pyra n'avait qu'un seul autre employé en plus d'eux-mêmes et n'avait pas la capacité nécessaire pour ce projet adventice. « Elle était fumasse, raconte Williams. Mais nous avons réussi à la convaincre que ça tenait debout. » Effectivement, Blogger attira assez de fans dans les mois qui suivirent pour que Williams, avec son charme gauche et laconique, devienne l'une des vedettes du festival interactif South by Southwest de mars 2000. À la fin de l'année, Blogger avait déjà cent mille comptes.

Il ne produisait toutefois pas de revenus. Williams avait proposé Blogger gratuitement dans le vague espoir de pousser les gens à acheter l'appli Pyra. Or durant l'été 2000, il avait pratiquement abandonné Pyra. Avec l'éclatement de la bulle Internet, ce n'était pas le meilleur moment pour lever des fonds. Les rapports entre Williams et Meg Hourihan, toujours un peu tendus, dégénérèrent à un tel point

que de véritables engueulades au bureau étaient régulièrement au programme.

En janvier 2001, la situation financière atteignit le stade critique. Williams, qui avait désespérément besoin de nouveaux serveurs, fit appel à la générosité des usagers de Blogger. Les dons totalisèrent près de dix-sept mille dollars, assez pour acquérir du matériel supplémentaire, mais pas pour payer les salaires⁶⁹. Meg Hourihan exigea que Williams se retire en tant que directeur général et, quand il refusa, elle partit. « Lundi j'ai démissionné de la société dont j'étais cofondatrice, écrivit-elle sur son blog. Je pleure, je pleure et je pleure encore⁷⁰. » Les autres employés, qui étaient déjà six au total, démissionnèrent eux aussi.

Williams afficha un long message intitulé « Et il n'en resta plus qu'un » sur son propre blog : « Nous sommes à court d'argent, et j'ai perdu mon équipe [...] Ces deux dernières années ont été pour moi un voyage long, difficile, passionnant, éducatif, unique, douloureux et, en dernière analyse, très enrichissant. » Jurant de maintenir le service en vie, même s'il était obligé de le faire tout seul, il termina par un post-scriptum : « Si quelqu'un veut partager un coin de bureau avec moi pendant quelque temps, qu'il me fasse signe. J'apprécierais l'économie réalisée (et sa compagnie)⁷¹. »

À ce stade, la plupart des gens auraient abandonné. Il n'y avait pas d'argent pour payer le loyer, ni pour maintenir les serveurs en fonctionnement, aucun espoir de revenus. Williams devait aussi affronter de douloureuses attaques personnelles et juridiques, et les honoraires d'avocats correspondants. « Apparemment, on racontait que j'avais viré tous mes amis, que je ne les avais pas payés et que j'avais pris le contrôle de la société. C'était vraiment odieux⁷². »

Mais la patience d'un fermier du Nebraska et l'obstination d'un entrepreneur étaient enracinées dans le patrimoine génétique besogneux de Williams. Il jouissait d'une immunité inhabituelle contre la frustration. Aussi persévéra-t-il, testant la frontière floue entre la persistance et l'ignorance, conservant son calme sous l'assaut des problèmes. Il dirigeait la société en solo depuis son appartement. Il s'occupait lui-même des serveurs et de la programmation. « En gros, je suis passé dans la clandestinité et je n'ai rien fait d'autre qu'essayer de maintenir Blogger en vie⁷³. » Les bénéfices étaient proches de zéro, mais il limitait ses frais en conséquence. Comme il l'écrivait sur son blog : « Je tiens en réalité une forme surprenante. Je suis optimiste. (Je suis toujours optimiste.) Et j'ai beaucoup, beaucoup d'idées. (J'ai toujours beaucoup d'idées⁷⁴.) »

Quelques personnes lui exprimèrent leur sympathie et se

proposèrent de l'aider, au premier chef Dan Bricklin, un leader exemplaire de la technologie collaborative, cocréateur de VisiCalc, le premier programme de tableur informatique. « L'idée de voir Blogger sombrer dans le krach des start-up me déplaisait », déclara Bricklin⁷⁵. Après avoir pris connaissance du message désespéré de Williams, il lui envoya un courriel lui demandant ce qu'il pourrait faire pour l'aider. Ils convinrent de se rencontrer quand Bricklin, qui habitait à Boston, se rendrait à San Francisco pour un colloque O'Reilly. Autour d'un plateau de sushis dans un restaurant proche, Bricklin lui raconta comment, bien des années auparavant, quand sa propre société était au bord de la faillite, il était tombé sur Mitch Kapor de Lotus. Bien que concurrents, ils partageaient une éthique collaborative de hackers, et Kapor avait proposé un marché qui aida Bricklin à rester solvable. Bricklin fonda plus tard une autre société, Trellix, qui produisait un système de publication sur sites Web. Remboursant pour ainsi dire la générosité hacker de Kapor en aidant un quasi-concurrent, Bricklin trouva une solution : Trellix exploiterait sous licence le logiciel de Blogger pour la somme de quarante mille dollars, assurant ainsi sa survie. Bricklin était avant tout un chic type.

Tout au long de l'année 2001, Williams travailla sans trêve depuis son appartement ou un bureau emprunté pour maintenir Blogger en activité : « Tous les gens que je connaissais pensaient que j'étais carrément dingue. » Il toucha le fond en fin d'année lorsqu'il alla voir sa mère, qui s'était installée en Iowa. Son site Web fut piraté le jour même de Noël. « J'étais en Iowa et j'essayais d'évaluer les dégâts avec un modem branché sur un portable minuscule. Et à l'époque je n'avais pas d'administrateur système ni personne qui travaillait pour moi. Finalement, j'ai passé le plus clair de la journée dans un Kinko à limiter les dégâts⁷⁶. »

La situation commença à évoluer en 2002. Il lança Blogger Pro, qui était payant, et, avec le concours d'un nouvel associé, conclut un accord de licence au Brésil. La blogosphère mondiale croissait de manière exponentielle, et Blogger était un produit très demandé. En octobre, à la suggestion de l'ancien patron d'édition de Williams, Tim O'Reilly, Google frappa à la porte. C'était encore principalement un moteur de recherche qui n'avait pas d'antécédents de repreneur. Mais il fit une proposition d'achat pour Blogger. Et Williams accepta.

Le petit produit simple à l'emploi d'Ev Williams contribua à démocratiser la publication en ligne. « La publication presse-bouton pour tous », tel était son mantra. « J'adore tout ce qui a trait à la publication, et je suis farouchement indépendant, et tout cela vient du

fait que j'ai grandi dans une ferme loin de tout, explique-t-il. Quand j'ai trouvé un moyen de permettre aux gens de publier sur Internet, j'ai compris que je pourrais aider à donner le pouvoir et la parole à des millions de personnes. »

Au début, du moins, Blogger était un outil qui visait plutôt la publication que les discussions interactives. « Au lieu de promouvoir le dialogue, [Blogger] donnait aux gens une tribune d'orateur de carrefour, admet Williams. Il y a dans Internet un côté communauté, et un côté publication-diffusion. Il y a des gens qui sont plus obsédés que moi par l'aspect communautaire. Je suis plus motivé par le côté publication des connaissances, parce que j'ai grandi en apprenant le monde à partir de ce que d'autres ont publié, et, je le répète, je ne m'investis pas immensément dans le côté communauté⁷⁷. »

Or la plupart des outils numériques finissent par être réquisitionnés à des fins sociales, la nature humaine étant ce qu'elle est. La blogosphère évolua pour devenir une communauté plutôt qu'une simple accumulation de tribunes. « Ça a fini par devenir une communauté, même si nous avions tous notre blog personnel, parce que nous nous commentions les uns les autres et que les blogs des uns comportaient des liens vers les blogs des autres, dirait plus tard Williams. Il y avait manifestement là une communauté, tout aussi réelle qu'une liste de diffusion ou un forum télématique, et j'ai fini par en être conscient⁷⁸. »

Continuant sur sa lancée, Ev Williams deviendrait le cofondateur de Twitter, service de réseautage social et de micropublication, puis de Medium, site de publication conçu pour promouvoir la collaboration et le partage. En chemin, il se rendit compte qu'il attachait effectivement autant de valeur à cet aspect communautaire d'Internet qu'à l'aspect publication : « Le désir viscéral de se connecter à une communauté ne vous quitte jamais. Pour un fils de fermier du Nebraska, se connecter et trouver une communauté de gens qui ont la même vision des choses était difficile avant Internet. J'ai fini par prendre conscience, bien après avoir fondé Blogger, que c'était un outil qui correspondait à ce besoin. Se connecter à une communauté est l'une des pulsions fondamentales qui animent l'univers numérique⁷⁹. »

Ward Cunningham, Jimmy Wales et les wikis

Lorsqu'il lança le Web en 1991, Tim Berners-Lee le concevait comme un outil de collaboration ; aussi fut-il consterné en voyant que le navigateur Mosaic ne donnait pas aux utilisateurs la possibilité

d'éditer les pages Web qu'ils consultaient. Il transformait les surfeurs du Web en consommateurs passifs de contenus publiés. Cette lacune fut en partie comblée par l'essor des blogs, qui encourageaient les contenus générés par les utilisateurs. En 1995 fut inventé un autre média qui alla encore plus loin dans la mise en œuvre de la collaboration sur le Web. Ce *wiki* permettait aux internautes de modifier des pages Web – non pas avec un outil d'édition incorporé à leur navigateur, mais en cliquant sur un emplacement et en saisissant directement leur texte sur des pages Web où le logiciel *wiki* était activé.

Cette application fut développée par Ward Cunningham, encore un sympathique natif du Midwest (de l'Indiana, cette fois-ci) qui grandit en montant des postes de radioamateur et en se passionnant pour les communautés mondiales encouragées par les ondes courtes. Une fois diplômé de l'université Purdue, il trouva un emploi dans une société de matériel électronique, Tektronix, où il était chargé du suivi des projets, tâche similaire à celle qu'affrontait Berners-Lee lorsqu'il entra au CERN.

À cette fin, il modifia un superbe produit logiciel développé par l'un des innovateurs les plus envoûtants de chez Apple, Bill Atkinson. Il s'appelait HyperCard et permettait aux utilisateurs de construire sur leur ordinateur des « piles » de cartes virtuelles et des documents utilisant des liens hypertexte. Apple ne savait pas trop quoi faire de ce logiciel ; à l'instigation d'Atkinson, Apple décida donc de le livrer gratuitement avec ses ordinateurs. Il était facile à utiliser, et même des enfants – surtout les enfants – trouvèrent des moyens de construire des piles HyperCard liant des images et des jeux.

Cunningham fut enthousiasmé par HyperCard la première fois qu'il le découvrit, mais il le trouva lourd à manipuler. Il créa donc une manière super simple d'élaborer de nouvelles cartes et de nouveaux liens : une case vide sur chaque carte, dans laquelle on pouvait saisir un titre, un mot ou une expression. Si vous vouliez mettre un lien vers Jane Smith ou le Projet Vidéo de Harry, vous n'aviez qu'à saisir ces mots dans la case. « C'était amusant », dirait Cunningham en 2005⁸⁰.

Il créa ensuite une version Internet de son programme HyperText, qu'il rédigea en quelques centaines de lignes seulement en langage PERL. Le résultat était une nouvelle application de gestion de contenu qui permettait aux internautes d'éditer une page Web et d'y ajouter leurs contributions. Cunningham utilisa cette application pour élaborer un service, le Portland Pattern Repository, qui permettait aux développeurs de logiciels d'échanger des idées en matière de programmation et d'améliorer les schémas que d'autres avaient

affichés. « Le principe est que les intéressés écrivent des pages Web sur les gens, les projets et les schémas qui ont changé la manière dont ils programment, écrivait-il dans une annonce affichée en mai 1995. Le style d'écriture est décontracté, comme du courriel [...] Voyez cela comme une liste de diffusion réglementée où n'importe qui peut jouer les modérateurs et où tout est archivé. Ce n'est pas tout à fait du dialogue en ligne, mais la conversation est possible⁸¹. »

À présent, il lui fallait un nom. Il venait de créer un outil rapide pour le Web, mais « QuickWeb » était bien peu imaginaire, comme produit par une commission *ad hoc* chez MicroSoft. Par bonheur, un autre synonyme de « rapide » émergea du tréfonds de sa mémoire. Pendant son voyage de noces à Hawaï treize ans plus tôt, « le type au guichet de l'aéroport m'a dit de prendre le wiki-wiki bus pour aller d'un terminal à l'autre. » Quand il demanda ce que cela signifiait, on lui dit que *wiki* était le mot hawaïen pour « rapide », et que *wiki-wiki* signifiait « super rapide ». Il appela donc ses pages Web et le logiciel correspondant WikiWikiWeb, vite abrégé en *wiki*⁸².

Dans la version originale de Cunningham, la syntaxe qu'il utilisait pour créer des liens dans un texte consistait à créer des termes en agglutinant des mots avec une majuscule à l'initiale, comme dans MajusculeInitiale. Le procédé, dit CamelCase, se retrouverait dans le nom de dizaines de marques Internet comme AltaVista, MySpace ou YouTube.

Ce qu'on finit par appeler WardsWiki permettait à n'importe quel internaute d'éditer du contenu et d'y contribuer sans même avoir besoin d'un mot de passe. Des versions antérieures de chaque page seraient stockées au cas où quelqu'un se trompe, et il y aurait une page « Changements récents » de façon que Cunningham et d'autres puissent suivre les modifications. Mais il n'y aurait pas de superviseur, ni de contrôleur pour approuver préalablement tout changement. Cela marcherait, disait-il avec son allègre optimisme du Midwest, parce que « les gens sont en général honnêtes ». C'était exactement ce que Berners-Lee avait imaginé, un Web en lecture-écriture plutôt qu'en lecture seule. « Les *wikis* furent l'une des choses qui ont permis la collaboration, dirait Berners-Lee en 2013. Les blogs en étaient une autre.⁸³ »

Comme Berners-Lee, Cunningham mit son logiciel à la disposition de quiconque voudrait le modifier et l'utiliser. Par conséquent, il y eut bientôt des dizaines de sites *wiki* et d'améliorations en open source apportées à son logiciel. Mais le concept de *wiki* ne fut pas largement connu au-delà du cercle des ingénieurs logiciel avant janvier 2001, quand il fut adopté par un entrepreneur Internet besogneux qui

essayait sans beaucoup de succès d'élaborer une encyclopédie en ligne libre et gratuite.

Jimmy Wales est né en 1966 à Huntsville, en Alabama, ville de ploucs bon teint et d'experts en balistique aérospatiale. Six ans plus tôt, dans le sillage de *Sputnik I*, le président Eisenhower s'était personnellement déplacé pour ouvrir le Marshall Space Flight Center. « Grandir à Huntsville pendant l'âge d'or du programme spatial vous donnait comme une vision optimiste de l'avenir », notait Wales⁸⁴. Quand j'étais petit, les fenêtres de notre maison tremblaient quand ils testaient les fusées, je m'en souviens encore. Le programme spatial était pour ainsi dire notre équipe sportive, alors c'était passionnant et on avait l'impression d'habiter dans une ville vouée à la technologie et à la science⁸⁵. »

Wales, dont le père était gérant d'une épicerie, fréquenta une école privée à salle de classe unique mise sur pied par sa mère et sa grand-mère, qui enseignaient la musique. Il avait trois ans quand sa mère acheta une *World Book Encyclopedia* à un représentant qui faisait du porte-à-porte ; quand Jimmy apprit à lire, cet ouvrage devint un objet de vénération. Il mettait à sa portée une abondance de connaissances complétées de cartes et d'illustrations et même de couches de cellophane transparente qu'on pouvait soulever pour explorer, par exemple, les muscles, les artères et le système digestif d'une grenouille disséquée. Mais Wales ne tarda pas à découvrir que l'encyclopédie avait des lacunes : elle avait beau contenir beaucoup de choses, il y en avait encore plus qui n'y figuraient pas. Et ce défaut s'aggrava avec le temps. Au bout de quelques années, toutes sortes de sujets – l'homme sur la Lune, les festivals de rock, les manifestations de masse, les Kennedy et les têtes couronnées – étaient absents. L'éditeur de la *WBE* envoyait des addenda autocollants aux propriétaires des livres afin qu'ils puissent les mettre à jour eux-mêmes, et Wales le faisait méticuleusement : « Je dis pour plaisanter que j'ai commencé tout jeune à réviser l'encyclopédie en mettant des autocollants dans celle que ma mère avait achetée⁸⁶. »

Après avoir obtenu sa licence à l'université d'Auburn et poursuivi ses études en finances sans les conclure par le doctorat, Wales prit un poste de directeur de recherche dans une société commerciale de Chicago. Mais cela ne l'occupait pas totalement. Son érudition universitaire se combinait avec un amour d'Internet affirmé dans l'univers ludique et fantasmé des *Multi-User Dungeons*, qui étaient essentiellement des versions externalisées de jeux du type Donjons et Dragons. Il fonda et administra une liste de diffusion Internet

consacrée à Ayn Rand, l'écrivaine américaine d'origine russe qui prônait une philosophie objectiviste et libertaire. S'il était très ouvert quant à l'inscription au forum de discussion, il tolérait moins les messages délirants et les attaques personnelles enflammées et gérait les comportements d'une main souple. « J'ai choisi une méthode "intermédiaire" de modération, une sorte de rappel à l'ordre discret », écrivait-il dans un de ses messages⁸⁷.

Avant l'essor des moteurs de recherche, les services Internet les plus demandés étaient sans doute les annuaires ou répertoires Web, qui offraient des listes compilées manuellement de sites « cool » classés par catégories, et les *Web rings*, réseaux Web en anneau qui créaient via une barre de navigation commune un cercle de sites apparentés liés les uns aux autres. Prenant ces deux trains en marche, Wales et deux amis créèrent en 1996 une entreprise qu'ils nommèrent par antiphrase BOMIS (pour *Bitter Old Men In Suits* – « vieux bonshommes aigris en costard »), et se mirent à chercher des idées à droite et à gauche. Ils lancèrent une panoplie de start-up typiques du boom de la fin des années 1990 : un réseau en anneau pour voitures d'occasion comprenant un répertoire illustré, un service de livraison de plats à domicile, un annuaire commercial pour Chicago, et un réseau en anneau de sports. Après s'être installé à San Diego, Wales lança un répertoire et un réseau en anneau qui constituaient un « moteur de recherche plutôt pour mecs » et présentait des photos de femmes dévêtues⁸⁸.

Ces réseaux en anneau montrèrent à Wales tout l'intérêt qu'il y avait à permettre aux usagers de contribuer au contenu, idée qui se renforça lorsqu'il vit que les parieurs rassemblés sur son site sportif fournissaient un meilleur tableau des cotes du jour que n'importe quel expert individuel. Il fut aussi impressionné par l'ouvrage d'Eric Raymond *La Cathédrale et le Bazar*, qui expliquait qu'un bazar ouvert et configuré par la foule était un meilleur modèle de site Web que la construction verticalement hiérarchisée et soigneusement contrôlée d'une cathédrale⁸⁹.

Wales essaya ensuite une idée qui remontait à son enfance et à sa chère *World Book Encyclopedia* : une encyclopédie en ligne. Il la baptisa Nupedia – prononcé « new-pedia » pour *New Encyclopedia* –, et elle avait deux particularités : elle serait rédigée par des bénévoles, et elle serait gratuite. L'idée avait été proposée en 1999 par Richard Stallman, ce pionnier du logiciel libre et gratuit⁹⁰. Wales espérait finir par rentabiliser l'opération en vendant de la publicité. Pour l'assister dans le développement du produit, il engagea Larry Sanger, un doctorant en philosophie qu'il avait rencontré dans plusieurs groupes de discussion en ligne. « Il tenait tout particulièrement à trouver un

philosophe pour diriger le projet », raconte Sanger⁹¹.

Sanger et Wales développèrent un rigoureux processus en sept étapes pour la création et l'approbation des articles : entre autres, attribuer des sujets à des experts reconnus dont les références avaient été vérifiées, puis soumettre les brouillons à des spécialistes externes, puis au public, faire réviser les textes par des correcteurs professionnels, puis par les usagers. « Nous souhaitons que les réviseurs soient d'authentiques experts dans leur spécialité et qu'ils soient (à quelques exceptions près) titulaires d'un doctorat », stipulaient les lignes directrices de Nupedia⁹². « L'opinion de Larry était que si nous ne donnions pas à [Nupedia] un tour plus universitaire qu'une encyclopédie traditionnelle, les gens ne lui feraient pas confiance et ne la respecteraient pas, explique Wales. Il se trompait, mais son opinion était logique vu ce que nous savions à l'époque⁹³. » Le premier article, publié en mars 2000, portait sur l'atonalité et avait été rédigé par un spécialiste de l'université Johannes Gutenberg de Mayence.

C'était un processus douloureusement lent et, pis encore, pas amusant du tout. Tout l'intérêt de l'écriture en ligne, comme l'avait démontré Justin Hall, était qu'elle vous procurait un frisson de joie. Au bout d'un an, Nupedia n'avait publié qu'une douzaine d'articles, ce qui la rendait inutile en tant qu'encyclopédie, et cent cinquante autres étaient encore au stade de brouillons, ce qui indiquait à quel point le processus était devenu désagréable. Il avait été minutieusement conçu, mais pas à l'échelle de la réalité. Ce que Wales comprit brusquement quand il décida de rédiger lui-même un article sur Robert Merton, un économiste qui avait reçu le prix Nobel pour avoir créé un modèle mathématique applicable à des marchés comportant des produits dérivés. Wales, qui avait déjà publié un article sur la théorie de l'évaluation des options, connaissait très bien les travaux de Merton : « J'ai commencé à essayer d'écrire l'article, et c'était très intimidant, parce que je savais qu'ils allaient envoyer mon premier jet aux professeurs de finances les plus prestigieux qu'ils puissent trouver. Soudain j'ai eu l'impression d'être retourné à la fac, et c'était très stressant. J'ai compris que le projet comme nous l'avions conçu ne marcherait jamais⁹⁴. »

C'est alors que Wales et Sanger découvrirent le logiciel *wiki* de Ward Cunningham. À l'instar de maintes innovations de l'ère digitale, l'application du logiciel *wiki* à Nupedia afin de créer Wikipedia – la combinaison de deux idées pour créer un concept nouveau – fut un processus collaboratif impliquant des pensées qui étaient déjà dans l'air. Or en l'occurrence une querelle pas du tout dans l'esprit *wiki* éclata sur la question de savoir qui pouvait revendiquer le principal

mérite de la découverte.

La version de Sanger est la suivante : il déjeunait début janvier 2001 dans une gargote mexicaine en bord de route avec un ami, Ben Kovitz, ingénieur en informatique. Kovitz, qui avait utilisé le *wiki* de Cunningham, le lui décrivit en détail. Il vint alors à l'idée de Sanger – du moins à ce qu'il prétend – qu'un *wiki* pourrait l'aider à résoudre les problèmes qu'il avait avec Nupedia. « Je me demandai immédiatement si *wiki* fonctionnerait comme système éditorial plus ouvert et plus simple pour une encyclopédie libre, gratuite et collaborative, raconta plus tard Sanger. Plus j'y réfléchissais, sans même avoir jamais vu de *wiki*, plus ça me semblait manifestement être la bonne solution. » Toujours dans sa version de l'histoire, il persuada alors Wales d'essayer la démarche *wiki*⁹⁵.

Kovitz, en revanche, affirma que c'était lui qui avait trouvé l'idée de recourir aux logiciels *wiki* pour une encyclopédie en production collaborative et qu'il avait eu du mal à convaincre Sanger : « J'ai suggéré qu'au lieu de se contenter d'utiliser le *wiki* avec le personnel approuvé par Nupedia il l'ouvre au grand public et laisse chaque modification apparaître immédiatement sur le site, sans processus éditorial de révision. J'ai dit exactement qu'il fallait permettre "à n'importe quel imbécile dans le monde qui a accès à Internet" de modifier librement n'importe quelle page du site. » Sanger souleva alors des objections : « Est-ce que des idiots absolus ne pourraient pas afficher des descriptions manifestement fausses ou partiales des choses ? » Ce à quoi Kovitz répondit : « Oui, et d'autres idiots pourraient effacer ces changements ou les rectifier⁹⁶. »

Jimmy Wales, quant à lui, affirmerait plus tard qu'il avait entendu parler des *wikis* un mois avant le déjeuner de Sanger avec Kovitz. Après tout, ils existaient depuis plus de quatre ans et fournissaient un sujet de discussion parmi les programmeurs, dont celui qui travaillait chez BOMIS, Jeremy Rosenfeld, un grand gaillard avec un sourire encore plus grand. « Jeremy m'a montré le *wiki* de Ward en décembre 2000 et a dit que ça pourrait peut-être résoudre notre problème », raconte Wales. Il ajoute que lorsque Sanger lui montra la même chose, il répondit : « Oh oui, le *wiki*. Jeremy m'a montré ça le mois dernier⁹⁷. » Sanger contesta cette version des faits et il s'ensuivit un méchant feu croisé sur les forums de discussion Wikipedia. Wales essaya finalement de désamorcer la situation avec un message disant à Sanger : « Eh, calme-toi », mais Sanger poursuivit son combat contre Wales dans de nombreux autres forums⁹⁸.

Ce différend est un exemple classique du défi qu'un historien doit relever quand il s'agit de créativité collaborative : chaque protagoniste

conserve un souvenir différent de qui a apporté quelle contribution, avec une tendance naturelle à exagérer la sienne. Nous avons constaté cette propension maintes fois chez nos amis, et peut-être même une ou deux fois chez nous-mêmes. Il est tout de même ironique que pareil conflit ait accompagné la naissance d'une des créations les plus collaboratives de l'Histoire, un site fondé sur la conviction que les gens sont disposés à apporter leur contribution sans en revendiquer le mérite^{*5}.

La détermination des mérites relatifs des uns et des autres est moins importante que la reconnaissance de la dynamique qui se produit quand les gens partagent des idées. Ben Kovitz, par exemple, l'avait compris. C'est lui qui avait l'intuition la plus profonde – appelons-la « la théorie du bourdon providentiel » – sur l'aspect collaboratif de la création de Wikipedia : « Certaines personnes, voulant critiquer Jimmy Wales ou le déconsidérer, ont pris l'habitude de me désigner comme l'un des fondateurs de Wikipedia, voire "le véritable fondateur". Je n'étais que le bourdon. J'avais butiné un certain temps la fleur *wiki*, et ensuite j'ai pollinisé la fleur de l'encyclopédie gratuite. J'ai parlé avec des tas d'autres gens qui avaient eu la même idée, seulement pas à des moments ou dans des lieux où elle pouvait prendre racine⁹⁹. »

C'est ainsi que fleurissent souvent les bonnes idées : un bourdon apporte une demi-idée d'un certain domaine, et pollinise un autre domaine fertile rempli d'innovations à moitié formées. C'est pourquoi les outils Web sont précieux, comme les déjeuners dans les gargotes mexicaines en bord de route.

Cunningham était plus que d'accord, il était même enchanté lorsque Wales l'appela en janvier 2001 pour dire qu'il avait l'intention d'utiliser les logiciels *wiki* pour donner un coup de fouet à son projet d'encyclopédie. Cunningham n'avait pas cherché à faire breveter ni à déposer le logiciel ni le nom *wiki* ; il était un de ces innovateurs qui était heureux de voir ses produits devenir des outils que n'importe qui pouvait utiliser ou adapter.

Au début, Wales et Sanger concevaient Wikipedia comme une simple addition à Nupedia, une sorte de parc d'alimentation ou de club-école. Sanger assurait les réviseurs experts que les articles *wiki* seraient relégués dans une section distincte du site et ne seraient pas sur la même liste que les pages Nupedia normales. « Si un article *wiki* atteignait un niveau élevé, il pourrait être soumis au processus éditorial normal de Nupedia », écrivait-il dans un message de forum¹⁰⁰. Néanmoins, les puristes de Nupedia repoussèrent l'idée,

insistant pour que Wikipedia demeure complètement séparée, de façon à ne pas contaminer la sagesse des experts. Le Conseil consultatif Wikipedia déclara sèchement sur son site Web : « Veuillez noter que les processus et politiques éditoriaux de Wikipedia et de Nupedia sont totalement séparés ; les rédacteurs et membres du comité de lecture Nupedia ne souscrivent pas obligatoirement au projet Wikipedia, et les collaborateurs de Wikipedia ne souscrivent pas obligatoirement au projet Nupedia¹⁰¹. » À leur insu, les pédants de la prêtrise Nupedia rendaient un immense service à Wikipedia en tranchant le cordon ombilical.

Libérée de ses chaînes, Wikipedia décolla. Elle devint pour le contenu Web ce que GNU/Linux était pour le logiciel : une collaboration communautaire pair à pair créée et entretenue par des bénévoles travaillant pour la satisfaction civique qu'ils y trouvaient. C'était un concept délicieusement contraire à l'intuition, parfaitement adapté à la philosophie, l'attitude et la technologie d'Internet. N'importe qui pouvait éditer une page, et les résultats étaient instantanément visibles. Vous n'étiez pas obligé d'être un expert. Vous n'étiez pas obligé d'envoyer par fax une copie de votre diplôme. Vous n'aviez pas à solliciter la permission des autorités en place. Vous n'étiez même pas obligé de vous enregistrer ni d'utiliser votre vrai nom. Certes, cela voulait dire que des vandales pouvaient défigurer des pages. Mais des idiots ou des idéologues aussi. Or le logiciel conservait toutes les versions successives. Si une modification indésirable apparaissait, la communauté pouvait s'en débarrasser simplement en cliquant sur un lien « retour à la version antérieure ». « Imaginez un mur où il serait plus facile de supprimer des graffitis qu'en ajouter. » C'est ainsi que le spécialiste des médias Clay Shirky expliquait le processus. « La quantité de graffitis sur un tel mur dépendrait de l'engagement de ses défenseurs¹⁰². » Dans le cas de Wikipedia, ses défenseurs étaient farouchement engagés. Des guerres ont été menées avec moins d'intensité que les combats pour revenir à la version antérieure sur Wikipedia. Et, fait quelque peu stupéfiant, les forces de la raison ont régulièrement triomphé.

Un mois après le lancement de Wikipedia, elle comportait un millier d'articles, soit environ soixante-dix fois plus que Nupedia n'en avait au bout d'une année. En septembre 2001, au bout de huit mois d'existence, elle en avait déjà dix mille. Ce mois-là, lorsque se produisirent les attaques du 11 Septembre, Wikipedia démontra son agilité et son utilité : les collaborateurs se bousculèrent pour créer de nouveaux articles sur des sujets comme le World Trade Center et son architecte. Un an après, le total des articles atteignit quarante mille, plus qu'il y en avait dans la *World Book Encyclopedia* achetée par la

mère de Jimmy Wales. En mars 2003, le nombre d'articles dans l'édition anglophone avait déjà atteint la barre des cent mille, avec près de cinq cents rédacteurs-réviseurs actifs travaillant presque quotidiennement. À ce stade, Wales décida d'arrêter Nupedia.

Sanger était déjà parti depuis un an. Wales l'avait laissé partir. Ils s'étaient affrontés de plus en plus souvent sur des questions fondamentales, par exemple le désir de Sanger d'accorder plus de respect aux experts et aux spécialistes. Pour Wales, « les gens qui s'attendent à de la déférence parce qu'ils ont un doctorat et ne veulent pas avoir affaire aux gens ordinaires ont tendance à être agaçants¹⁰³ ». Sanger estimait au contraire que c'étaient les masses non universitaires qui avaient tendance à agacer. « En tant que communauté, il manque à Wikipedia l'habitude ou la tradition d'un respect pour la compétence », écrivit-il dans un manifeste pour la veille du nouvel an 2004 – une des nombreuses attaques qu'il lança après son départ. « Une politique que je tentai d'instituer pendant la première année de Wikipedia, mais pour laquelle je ne pus rassembler un soutien suffisant, était une politique de respect et de déférence polie envers les spécialistes. » L'élitisme de Sanger fut rejeté non seulement par Wales, mais aussi par la communauté Wikipedia. « Par conséquent, pratiquement tous les gens dotés de grandes compétences mais d'une patience limitée éviteront Wikipedia », déplora Sanger¹⁰⁴.

Il se trouva qu'il avait tort. La foule des non-référencés n'évinça pas les experts. Au contraire, la foule elle-même devint l'expert, et les experts finirent par faire partie de la foule. Au début du développement de Wikipedia, je faisais une recherche pour un ouvrage sur Albert Einstein et j'avais remarqué que son article dans Wikipedia soutenait qu'il s'était rendu en Albanie en 1935 afin que le roi Zog I^{er} puisse l'aider à échapper aux nazis en lui procurant un visa pour les États-Unis. C'était totalement faux, bien que le passage en question contienne des références à d'obscurs sites Web albanais qui proclamaient fièrement cette affirmation, se fondant généralement sur une série de souvenirs de troisième main répétant ce que l'oncle de quelqu'un aurait appris d'un ami. Utilisant à la fois mon vrai nom et un pseudonyme Wikipedia, je supprimai cette affirmation de l'article, mais sans résultat, puisque je la vis réapparaître. Sur la page de discussion, je fournis les sources indiquant le lieu où il séjournait à l'époque en question (Princeton) et le passeport qu'il possédait (suisse). Mais de tenaces partisans albanais continuèrent de réinsérer leur affirmation. Le bras de fer à propos d'Einstein en Albanie dura des semaines. Je finis par craindre que l'obstination de quelques passionnés mine la confiance investie par Wikipedia dans la sagesse des foules. Mais au bout d'un moment la guerre des rectifications prit

fin et il n'était plus question dans l'article d'un voyage d'Einstein en Albanie. Au début, je n'attribuai pas ce succès à la sagesse des foules, puisque l'impulsion pour une rectification était venue de moi et non de la foule. Puis je me rendis compte que, comme des milliers d'autres internautes, j'étais en fait une partie de la foule et que j'ajoutais à l'occasion une minuscule parcelle à sa sagesse.

Un principe essentiel de Wikipedia était que les articles devaient avoir un point de vue neutre. Ce qui réussit à produire des articles généralement francs, même sur des sujets controversés comme l'avortement ou le réchauffement climatique. Cela facilitait aussi la collaboration entre gens d'opinions différentes. « Grâce à la politique de neutralité, nous avons des rédacteurs partisans qui travaillent ensemble sur les mêmes articles, expliquait Sanger. C'est tout à fait remarquable¹⁰⁵. » La communauté réussissait habituellement à se servir du principe directeur de neutralité pour créer un article consensuel proposant des opinions rivales sur un ton non partisan. Ce qui devint un modèle, rarement imité, de la manière dont les outils numériques peuvent être employés pour trouver un terrain commun dans une société conflictuelle.

La création collaborative concernait non seulement les articles de Wikipedia, mais aussi ses pratiques opératoires. Wales encouragea un système peu contraignant de gestion collective, dans lequel il était un guide et un discret incitateur, mais pas un patron. Il y avait des pages *wiki* où les usagers pouvaient formuler des règles et en débattre en commun. Au travers de ce mécanisme, des lignes directrices furent élaborées et adaptées pour traiter des problèmes comme les pratiques de retour aux versions précédentes, la médiation des conflits, le blocage d'utilisateurs individuels et la promotion de quelques rares individus au statut d'administrateurs. Toutes ces règles évoluèrent de manière organique à partir de la communauté au lieu d'être dictées hiérarchiquement par une autorité centrale. Comme Internet lui-même, le pouvoir était délocalisé. « Je ne peux pas imaginer qui aurait pu rédiger des lignes directrices aussi détaillées à part un groupe de gens travaillant ensemble, estime Wales. Si nous aboutissons, comme cela arrive souvent chez Wikipedia, à une solution bien pensée, c'est parce qu'un grand nombre d'esprits ont eu l'occasion de l'améliorer¹⁰⁶. »

En croissant sur un mode organique dans lequel à la fois son contenu et sa gouvernance poussent à partir de la base, Wikipedia a réussi à proliférer comme la vigne kudzu. Début 2014, il y avait des éditions en deux cent quatre-vingt-sept langues, de l'afrikaans au žemaitėška. Le nombre total d'articles était de trente millions, dont 4,4 millions dans l'édition anglophone, alors que l'*Encyclopedia*

Britannica, qui a cessé de publier son édition imprimée en 2010, avait quatre-vingt mille articles dans son édition électronique, soit moins de deux pour cent du nombre d'articles dans Wikipedia. D'après Clay Shirky, « l'effort cumulatif des millions de collaborateurs de Wikipedia signifie qu'avec un simple clic vous pourrez savoir ce qu'est une infection myocardique, la cause de la guerre de la bande d'Agacher ou qui était Spangles Muldoon. C'est un miracle non programmé, à la manière dont "le marché" dicte la quantité de pain à mettre dans la boutique. Or Wikipedia est encore plus bizarre que le marché : non seulement tout ce contenu a été créé gratuitement, mais il est gratuitement à votre disposition¹⁰⁷. » Le résultat a été le plus grand projet collaboratif de l'Histoire en matière de connaissances.

Alors pourquoi les gens collaborent-ils à Wikipedia ? Yochai Bender, professeur à Harvard, a qualifié Wikipedia, ainsi que les logiciels en open source et d'autres projets collaboratifs libres, de « production par les pairs fondée sur un terrain commun [...] Sa caractéristique centrale est que des groupes d'individus collaborent avec succès à des projets de grande envergure quand ils sont mus par un agglomérat diversifié de pulsions motivationnelles et de signaux sociaux, plutôt que par les prix du marché ou des ordres directoriaux¹⁰⁸. » Parmi ces motivations se trouvent la récompense psychologique fournie par l'interaction avec autrui et la satisfaction personnelle d'accomplir une tâche utile. Nous avons tous nos petites joies et marottes – collectionner des timbres, être à cheval sur la grammaire, connaître le *batting average* de Jeff Torborg dans l'équipe de son université, ou l'ordre des vaisseaux à la bataille de Trafalgar. On trouvera tout cela dans Wikipedia.

Il y a ici quelque chose de fondamental, voire de primordial à l'œuvre. Certains wikipédiens en parlent comme d'un « flash wiki ». C'est le brusque pic de dopamine qui semble toucher le centre du plaisir cérébral quand vous faites une correction intelligente et qu'elle apparaît instantanément dans un article. Jusqu'à une date récente, être publié était un plaisir auquel seule pouvait prétendre une petite minorité d'élus. La plupart d'entre nous qui relèvent de cette catégorie se souviennent très bien du frisson éprouvé en voyant pour la première fois notre texte paraître en public. Wikipedia, comme les blogs, permet à n'importe qui de jouir de ce privilège. Vous n'étiez pas obligé d'avoir des références ni d'être sanctifié par l'élite médiatique.

Par exemple, bon nombre d'articles de Wikipedia sur l'aristocratie britannique ont été rédigés par un usager qui signait lord Emsworth. Ils témoignaient d'une telle compréhension intuitive du système

complexe de la pairie que certains furent sélectionnés comme « Article du jour », et lord Emsworth fut élevé à la dignité d'administrateur Wikipedia. Il s'avéra en fait que lord Emsworth – nom tiré des romans de P. G. Wodehouse – était un lycéen américain de seize ans habitant South Brunswick, New Jersey. Sur Wikipedia, personne ne sait que vous êtes un roturier¹⁰⁹.

Ajoutons à cela la satisfaction encore plus profonde de contribuer à créer les informations que nous utilisons au lieu de nous contenter de les absorber passivement. D'après Jonathan Zittrain, professeur à Harvard, « l'implication des gens dans les informations qu'ils lisent est par elle-même une fin importante¹¹⁰ ». Une Wikipedia que nous créons en commun signifie plus pour nous que la même Wikipedia servie sur un plateau. La production par les pairs autorise l'engagement.

Jimmy Wales a souvent réitéré sa définition de la mission simple et exemplaire de Wikipedia : « Imaginons un monde dans lequel tous les habitants de la planète sans exception aient librement et gratuitement accès à la somme de toutes les connaissances humaines. C'est ce que nous faisons. » C'était un dessein démesuré, audacieux et respectable. Mais c'était grossièrement sous-estimer ce que faisait Wikipedia. L'enjeu dépassait le simple fait de donner aux gens le libre accès au savoir : il s'agissait aussi de les émanciper, d'une manière encore jamais vue dans l'Histoire, en leur permettant de faire partie du processus de création et de diffusion des connaissances. Wales en était conscient : « Wikipedia permet aux gens non seulement d'accéder aux connaissances d'autrui, mais aussi de partager leurs propres connaissances. Quand vous contribuez à édifier quelque chose, cela vous appartient, vous vous y êtes investi. C'est beaucoup plus gratifiant que d'en être le simple destinataire ou consommateur¹¹¹. »

Wikipedia fit faire au monde un pas de plus vers la vision proposée par Vannevar Bush dans son essai de 1945, « Comme nous pouvons le penser », qui prédisait que « des formes totalement nouvelles d'encyclopédies apparaîtront, toutes faites, traversées par un réseau de pistes associatives, prêtes à être insérées dans le *memex* où elles seront amplifiées ». Il y avait là comme un écho d'Ada Lovelace quand elle affirmait que les machines seraient capables de faire presque tout, sauf penser par elles-mêmes. Le projet Wikipedia ne consistait pas à construire une machine qui puisse penser par elle-même. C'était en revanche un exemple éblouissant de la symbiose humain-machine, où sagesse humaine et puissance de calcul informatique s'enchevêtraient comme dans la trame d'une tapisserie. Quand Jimmy Wales et sa nouvelle épouse eurent une fille en 2011, ils l'appelèrent Ada, en l'honneur de lady Lovelace¹¹².

Larry Page, Sergey Brin et la recherche

Lorsque Justin Hall créa sa page d'accueil farfelue en janvier 1994, il n'existait que sept cents sites Web dans le monde. À la fin de l'année, il y en avait déjà dix mille, et à la fin de l'année suivante cent mille. La combinaison des ordinateurs individuels et des réseaux avaient conduit à quelque chose de sidérant : n'importe qui pouvait obtenir du contenu à partir de n'importe où et diffuser son propre contenu partout. Or, pour que cet univers en expansion explosive soit utile, il était indispensable de trouver une méthode facile, une interface humain-ordinateur-réseau simple qui permette aux internautes de trouver ce dont ils avaient besoin.

Les premières tentatives dans cette direction furent des répertoires et annuaires compilés à la main. Certains étaient excentriques et frivoles comme les « Liens du souterrain » de Justin Hall et les « Pages inutiles » de Paul Phillips. D'autres étaient traditionnels et sérieux, comme la « Bibliothèque virtuelle du World Wide Web » de Tim Berners-Lee, la page « Quoi de neuf ? » du NCSA et le « Navigateur du réseau mondial » de Tim O'Reilly. Quelque part entre les deux, et portant le concept à un niveau supérieur, se trouvait un site créé début 1994 par deux diplômés de Stanford, et appelé, dans l'une de ses premières – et nombreuses – incarnations, « Le guide du Web de Jerry et David ».

Tandis qu'ils étaient censés finir de rédiger leur thèse de doctorat, Jerry Yang et David Filo temporisaient en jouant au Fantasy League Basket-Ball. « Nous faisons tout ce que nous pouvions pour éviter d'écrire notre thèse », raconte Yang¹¹³. Il tua le temps en élaborant des méthodes pour extraire les statistiques de joueurs de basket réels à partir de serveurs utilisant FTP et Gopher, deux protocoles pour diffuser des documents sur Internet qui étaient en vogue avant l'essor du Web.

Mais lorsque le navigateur Mosaic sortit, Yang se concentra sur le Web, et Filo et lui commencèrent à compiler à la main un répertoire

de sites en expansion permanente. Il était organisé par catégories – telles que « affaires », « éducation », « divertissement », « gouvernement » –, chacune divisée en des dizaines de sous-catégories. Fin 1994, ils avaient déjà rebaptisé leur guide du Web « Yahoo! ».

Il y avait un problème manifeste : comme le nombre de sites Web était multiplié par dix chaque année, il était impossible d'actualiser un répertoire à la main. Par bonheur, il existait un outil qui servait déjà à extraire des informations résidant sur des serveurs FTP et Gopher. C'était un indexeur, un robot qui arpentait Internet d'un serveur à l'autre pour compiler un index. Les deux plus célèbres s'appelaient, comme le couple des Archie Comics, Archie (pour les archives FTP) et Veronica (pour Gopher). En 1994, divers entrepreneurs créaient déjà des robots indexeurs qui serviraient d'outils de recherche pour le Web. Citons le WWW Wanderer conçu par Matthew Gray au MIT, WebCrawler de Brian Pinkerton à l'université du Washington, AltaVista de Louis Monier chez DEC, Lycos de Michael Mauldin à l'université Carnegie Mellon, OpenText, créé par un groupe de l'université de Waterloo au Canada, et Excite, créé par six amis à Stanford. Tous utilisaient des robots (« bots ») sautant d'un lien à l'autre, capables de zigzaguer autour du Web comme un buveur incorrigible dans une tournée des bars, raflant au passage des URL et des informations sur chaque site. Le tout serait alors étiqueté, indexé, puis placé dans une base de données accessible via un serveur d'interrogation.

Filo et Yang ne construisirent pas eux-mêmes leur robot indexeur, mais décidèrent d'en exploiter un sous licence pour l'ajouter à leur page d'accueil. Yahoo! continua de souligner l'importance de son répertoire, qui était compilé par des humains. Quand un utilisateur saisissait une expression au clavier, les ordinateurs de Yahoo! vérifiaient si elle était associée à une entrée du répertoire ; si c'était le cas, une liste de sites dressée à la main apparaissait à l'écran. Sinon, la requête était transmise au robot indexeur pour une recherche sur le Web.

L'équipe Yahoo! croyait, à tort, que la plupart des internautes navigueraient sur le Web dans une démarche d'exploration au lieu d'y rechercher quelque chose de précis. « Le passage de l'exploration et découverte à la recherche ciblée d'aujourd'hui était alors inconcevable », raconte Srinija Srinivasan, première rédactrice en chef de Yahoo!, qui supervisait un personnel comprenant plus de soixante jeunes rédacteurs et compilateurs de répertoires¹¹⁴. Cette confiance accordée au facteur humain signifia que Yahoo! serait au fil des années (et même jusqu'à l'heure actuelle) bien meilleur que ses rivaux

dans le choix des articles d'actualité, mais pas dans la fourniture d'outils de recherche. Or, avec le nombre de pages Web continuellement créées, Srinija Srinivasan et son équipe ne pouvaient plus suivre. En dépit de ce qu'elle et ses collègues de chez Yahoo! croyaient, des moteurs de recherches automatisés allaient devenir la principale méthode pour trouver tout et n'importe quoi sur le Web, avec en éclaireurs un autre duo d'étudiants de Stanford.

Larry Page est né et a été élevé dans l'univers informatique¹¹⁵. Son père était professeur d'informatique et d'intelligence artificielle à l'université du Michigan, où sa mère enseignait la programmation. En 1979, quand il avait six ans, son père rapporta à la maison un Exidy Sorcerer, ordinateur domestique pour bricoleurs^{*6}. « Je me rappelle avoir été vraiment emballé par cet ordinateur, parce que c'était important et que c'était probablement une grosse dépense, un peu comme si on avait acheté une bagnole¹¹⁶. » Le jeune Larry ne tarda pas à savoir s'en servir, assez pour faire ses devoirs avec. « Je crois que j'ai été le premier môme de mon école primaire à rendre un document écrit avec un traitement de texte¹¹⁷. »

L'un des héros de son enfance était Nicola Tesla, l'imaginaire pionnier de l'électricité et d'autres inventions, qui avait perdu en affaires face à Thomas Edison et était mort dans l'anonymat. À douze ans, Page lut une biographie de Tesla et fut troublé par ce récit : « C'était l'un des plus grands inventeurs, mais son histoire est triste, très triste. Il ne pouvait rien commercialiser, c'est à peine s'il pouvait financer ses propres recherches. Mieux vaut être comme Edison. Si vous inventez quelque chose, ça ne sert pas obligatoirement à quelqu'un. C'est à vous de le mettre pour de bon dans le monde : il vous faut produire, gagner de l'argent dans l'opération afin de pouvoir le financer¹¹⁸. »

Les parents de Larry avaient l'habitude de l'emmener avec son frère dans de longs trajets en voiture, parfois pour se rendre à des colloques d'informatique. « Je crois que j'avais fini par connaître tous les États américains avant même d'aller à la fac. » Le terme d'un de ces voyages était le Colloque international d'intelligence artificielle à Vancouver, qui était plein d'étonnants robots. Parce qu'il avait moins de seize ans, on lui dit qu'il ne pouvait pas entrer, mais son père insista : « Il leur a carrément gueulé dessus. C'est l'une des rares fois où je l'ai vu se disputer¹¹⁹. »

Comme chez Steve Jobs et Alan Kay, l'autre grand amour de Larry après les ordinateurs était la musique. Il jouait du saxophone et étudiait la composition. Pendant l'été, ses parents l'envoyaient dans le

célèbre camp de vacances pour jeunes musiciens à Interlochen, dans le nord du Michigan. Les organisateurs avaient une méthode collaborative pour évaluer le niveau de chaque enfant : au début du séjour, les élèves se voyaient attribuer chacun une chaise dans l'orchestre, et n'importe qui pouvait lancer un défi à la personne assise immédiatement au-dessus de lui ; on donnait aux deux concurrents un morceau de musique à interpréter, et tous les autres leur tournaient le dos puis votaient pour dire lequel s'en était le mieux tiré. « Au bout d'un moment, raconte Page, les choses se tassaient plus ou moins et tout monde savait approximativement où se situer¹²⁰. »

Non seulement les parents de Page enseignaient à l'université du Michigan, mais c'était là qu'ils s'étaient rencontrés quand ils étaient étudiants, si bien qu'ils ne plaisantaient qu'à moitié quand ils lui disaient qu'il y irait lui aussi. Ce qui arriva. Il tint à prendre comme matières principales le commerce et l'informatique, un peu à cause de l'histoire de Tesla, qui savait inventer mais pas commercialiser. Il avait en outre un modèle en la personne de son frère Carl, son aîné de neuf ans ; après l'université, Carl avait été le cofondateur d'une des premières sociétés de réseautage social, eGroups, plus tard revendue à Yahoo! pour quatre cent treize millions de dollars.

À l'université, l'enseignement qui lui fit la plus grande impression, raconte Page, fut un cours sur l'interaction humain-ordinateur assuré par Judith Olson. L'objectif était de comprendre comment concevoir des interfaces qui soient intuitives et d'un maniement facile. Page rédigea son travail d'étude et de recherche sur l'affichage du logiciel – ou client – de messagerie Eudora : il évalua puis testa le temps qu'il mettrait à accomplir diverses tâches. Il découvrit par exemple que les commandes par touches au clavier ralentissaient l'utilisation de 0,9 secondes par rapport à la souris : « J'ai l'impression d'avoir développé une sorte d'intuition pour la manière dont les gens interagissent avec un écran, et je me suis rendu compte que ces trucs étaient drôlement importants. N'empêche qu'on ne les comprend pas très bien, même aujourd'hui¹²¹. »

Un été, pendant ses études en fac, Page séjourna dans un camp géré par un institut de formation de dirigeants appelé LeaderShape. Il encourageait les stagiaires à pratiquer « un sain mépris de l'impossible ». L'institut lui inculqua le désir – qu'il concrétiserait plus tard chez Google – de lancer des projets que d'autres trouveraient à la limite entre l'audacieux et le délirant. En particulier, à la fois à l'université du Michigan et ultérieurement, il préconisa des idées futuristes pour des systèmes de transport individuels et des automobiles sans conducteur¹²².

Lorsqu'il voulut entrer en troisième cycle, Page fut rejeté par le MIT, mais accepté par Stanford. Ce qui n'avait rien de fortuit : pour quelqu'un qui s'intéressait à l'intersection de la technologie et du monde des affaires, Stanford était le but rêvé. Depuis que l'ancien diplômé de Stanford Cyril Ewell avait fondé Federal Telegraph en 1909, l'esprit d'entreprise technologique y était non seulement toléré, mais encouragé, attitude qui se renforça lorsque le doyen de l'école d'ingénierie Fred Terman édifia un parc industriel sur l'emprise universitaire au début des années 1950. Même le corps enseignant songeait autant à créer des start-up qu'à aligner les publications érudites. « Ça, c'était le genre de directeur de recherche qu'il me fallait, un professeur qui a un pied dans l'industrie et qui veut faire des trucs dingues qui changeront le monde. À Stanford, des tas de profs d'informatique sont comme ça¹²³. »

À l'époque, la plupart des universités d'élite mettaient l'accent sur la recherche académique et évitaient les projets commerciaux. Stanford ouvrit la voie en considérant l'université non comme une simple académie du savoir, mais aussi comme une sorte de couveuse. Parmi les sociétés engendrées par Stanford, il y a eu Hewlett-Packard, Cisco, Yahoo! et Sun Microsystems. Page, qui finirait par ajouter à cette liste le plus grand nom de tous, estimait que cet état d'esprit améliorait bel et bien la qualité de la recherche : « Je crois que la productivité de la recherche pure y était très supérieure, parce qu'elle avait une base dans le monde réel. Ce n'est pas une simple affirmation théorique. Vous voulez que ce sur quoi vous travaillez s'applique à un problème réel¹²⁴. »

Tandis qu'il se préparait à entrer en troisième cycle à Stanford à l'automne 1995, Page s'inscrivit à un programme d'initiation qui comprenait une journée à San Francisco. Son guide était Sergey Brin, un volubile étudiant en deuxième année de doctorat. Page était calme par nature, mais Brin ne cessait de lui communiquer ses opinions, et ils ne tardèrent pas à se disputer sur des sujets allant de l'informatique au zonage urbain. Le courant passa parfaitement entre eux. « Je me rappelle avoir trouvé Sergey assez odieux, avoue Page. C'est encore le cas. Et c'est peut-être réciproque¹²⁵. » Effectivement, ces sentiments étaient partagés. « Nous avons chacun trouvé l'autre odieux, concède Brin. Mais nous disons ça un peu sur le ton de la plaisanterie. Nous avons manifestement passé pas mal de temps à nous parler, alors il y a un peu de vérité là-dedans. C'était entre nous comme une sorte de taquinerie à répétition¹²⁶. »

Les parents de Sergey Brin étaient eux aussi des universitaires,

mathématiciens tous les deux, mais son enfance fut différente de celle de Larry Page. Brin était né à Moscou, où son père enseignait les mathématiques à l'université d'État ; sa mère était ingénieure de recherche à l'Institut soviétique du pétrole et du gaz. Comme ils étaient juifs, leurs carrières furent écourtées. « Nous étions très pauvres, déclara Sergey au journaliste Ken Auletta. Mes parents ont passé tous les deux par des périodes de privation. » Lorsque son père fit une demande d'émigration, sa femme et lui perdirent leur emploi. Leurs visas de sortie leur parvinrent en mai 1979, quand Sergey avait cinq ans. Grâce à la Société hébraïque d'aide aux immigrants, ils s'installèrent dans un quartier ouvrier près de l'université du Maryland, où le père de Sergey trouva un emploi de professeur de mathématiques ; sa mère devint chercheur au centre spatial Goddard de la NASA tout proche.

Sergey fréquenta une école Montessori, où la pensée indépendante était encouragée : « Ce n'est pas une école où on vous dit ce qu'il faut faire. Vous êtes obligé de tracer votre propre route¹²⁷. » C'était un état d'esprit qu'il partageait avec Page. Quand on leur demanda plus tard si le fait d'avoir des parents professeurs d'université était l'une des clés de leur succès, ils répondirent tous les deux que la fréquentation d'une école Montessori avait été un facteur plus important. « Je crois que ça venait en partie d'une formation où on apprenait à ne pas suivre les règles et les ordres, à trouver soi-même ses motivations, à mettre en question ce qui se passe dans le monde et à faire les choses un tantinet différemment », affirmait Page¹²⁸.

Un autre point commun entre Brin et Page était que les parents de Brin lui donnèrent un ordinateur quand il était très jeune – un Commodore 64 pour son neuvième anniversaire. « La possibilité de programmer soi-même son ordinateur était beaucoup plus accessible que maintenant, raconte-t-il. L'ordinateur était livré avec un interpréteur BASIC^{*7}, et on pouvait immédiatement commencer à écrire ses programmes. » Au collège, Brin et un ami écrivirent des programmes qui essayaient de simuler l'intelligence artificielle en menant une conversation avec l'utilisateur. « Je ne crois pas que les enfants qui découvrent l'informatique aujourd'hui bénéficient d'une initiation à la programmation comme celle que j'ai reçue¹²⁹. »

Son attitude rebelle envers l'autorité faillit lui attirer des ennuis lorsque son père le ramena à Moscou pour un échange scolaire quand il allait avoir dix-sept ans. Apercevant une voiture de police, il commença à jeter des petits cailloux dans sa direction. Les deux policiers sortirent du véhicule pour interpellier Sergey, mais ses parents réussirent à désamorcer la situation. « Je crois que mon esprit rebelle vient du fait que je suis né à Moscou. Je dirais que c'est

quelque chose qui m’a suivi jusqu’à l’âge adulte¹³⁰. »

Parmi les livres qui inspirèrent Brin, il y eut les mémoires du physicien Richard Feynman, qui vantait le pouvoir que donne la réunion de l’art et de la science à la manière de Léonard de Vinci : « Je me souviens d’un passage où il expliquait qu’il voulait vraiment être un Léonard de Vinci, un artiste et un scientifique. J’ai trouvé ça assez suggestif. Je pense que ça conduit à une vie épanouissante¹³¹. »

Il réussit à décrocher le diplôme de fin d’études au lycée en trois ans (au lieu de quatre) et à faire de même à l’université du Maryland, où il obtint une licence partielle en maths et informatique. Un temps, ses copains matheux férus d’informatique et lui traînèrent sur les forums et les salons de discussion d’Internet jusqu’à ce qu’il se lasse de ces « gamins de dix ans qui essaient de parler sexe ». Il s’impliqua ensuite dans les jeux en ligne à base textuelle dits Multi-User Dungeons (MUD) ; il en écrivit personnellement un, qui mettait en scène un facteur livrant des paquets explosifs. « J’ai passé assez de temps sur les MUD pour trouver ça cool », raconte Brin¹³². Au printemps 1993, dans sa dernière année à l’université, il téléchargea le navigateur Mosaic, qu’Andreessen venait de lancer, et fut hypnotisé par le Web.

Brin entra avec une bourse de la National Science Foundation à Stanford, où il décida de se concentrer sur une étude de l’extraction de données. (Dans un coup double qui pénalisa peut-être cette institution elle aussi, le MIT avait rejeté sa candidature comme celle de Page.) Brin avait huit épreuves approfondies à passer pour son doctorat, et il en remporta sept haut la main peu après son arrivée. « C’est celle où je me croyais le meilleur que j’ai ratée, raconte-t-il. Je suis allé voir le prof et j’ai discuté des réponses. J’ai fini par l’avoir au baratin. Et c’est comme ça que je les ai réussies toutes les huit¹³³. » Ce qui lui laissa toute liberté pour s’inscrire en dilettante à tous les cours qu’il voulait et à satisfaire la série insolite de ses passions sportives : acrobatie, trapèze, voile, gymnastique et natation. Il pouvait marcher sur les mains et envisagea même un jour – à ce qu’il prétend – de tout plaquer pour rejoindre un cirque. C’était aussi un passionné du roller qu’on voyait souvent filer dans les couloirs du campus.

Quelques semaines après l’arrivée de Page à Stanford, Brin et lui emménagèrent avec le reste du département d’informatique dans le tout nouveau Gates Computer Science Building^{*8}. Agacé par le système rébarbatif de numérotation des bureaux à quatre chiffres fourni par l’architecte, Brin conçut un nouveau système, qui représentait mieux la situation de chaque pièce et la distance entre elles. Il fut adopté. « Il était très intuitif, si je peux me permettre ce

compliment », dit-il¹³⁴. Page se vit attribuer une pièce avec trois autres étudiants de troisième cycle, et Brin en fit son quartier général lui aussi. Il y avait des plantes suspendues au plafond avec un système d'arrosage contrôlé par logiciel, un piano connecté à un ordinateur, un assortiment de jouets électroniques et des coussins pour les petits sommes et les nuits blanches.

Le duo inséparable s'agglutina à la mode CamelCase en LarryAndSergey ; quand ils se disputaient ou se taquinaient, c'était comme deux épées qui s'aiguisaient l'une l'autre. Tamara Munzner, la seule étudiante du groupe, trouva une expression pour les décrire, *goofy smart* – « futés loufoques » –, surtout quand ils se mettaient à débattre de concepts absurdes, par exemple de la possibilité de construire quelque chose d'aussi gros qu'un immeuble en n'utilisant que des haricots. « C'étaient des mecs marrants avec qui partager un bureau, dit-elle. On avait tous des horaires dingues. Je me souviens qu'une fois à trois heures du matin un samedi soir [sic] le bureau était plein¹³⁵. » Nos duettistes se faisaient remarquer non seulement par leur intelligence, mais aussi par leur audace. « Ils n'avaient pas ce faux respect de l'autorité qu'ont certains, raconte le professeur Rajeev Motwani, l'un de leurs directeurs de thèse. Ils me contestaient tout le temps. Ils n'avaient aucun scrupule à me lancer : “Mais vous dites des conneries¹³⁶ !” »

À l'instar de nombreux partenaires dans l'innovation, LarryAndSergey avaient des personnalités complémentaires. Page n'était pas un animal sociable : il entrait plus facilement en contact oculaire avec un écran qu'avec un inconnu. Un problème chronique de cordes vocales dû à une infection virale lui donnait une voix faible et râpeuse, et il avait l'habitude déconcertante (bien qu'à maints égards admirable) de rester parfois carrément muet, ce qui rendait ses déclarations, quand il y en avait, d'autant plus mémorables. Il pouvait afficher un détachement impressionnant, mais aussi s'engager intensément. Son sourire était rapide et non simulé, son visage expressif, et il écoutait avec une concentration qui pouvait être à la fois flatteuse et déconcertante. D'une rigueur intellectuelle absolue, il était capable de trouver des failles logiques dans les commentaires les plus insignifiants et aiguiller sans effort une plate conversation vers une discussion en profondeur.

Brin, lui, pouvait être d'une brusquerie charmante. Il entrait dans les bureaux à la volée, sans frapper, lançait des idées, posait des questions et embrayait sur n'importe quel sujet. Page était plus réfléchi et plus réservé. Alors que Brin se contentait de savoir que quelque chose fonctionnait bien, Page se creusait la tête pour savoir pourquoi cela fonctionnait. L'intense et volubile Brin tenait une salle

en respect, mais les tranquilles commentaires de Page à la fin d'une discussion obligeaient les auditeurs à se pencher en avant et prêter l'oreille. « J'étais probablement un petit peu plus timide que Sergey, bien qu'il soit timide par certains côtés, note Page. Nous étions d'excellents partenaires, parce que, peut-être, je pensais en catégories plus larges et que j'avais des talents différents. J'ai une formation d'ingénieur en informatique. Je m'y connais plus question matériel. Il a plutôt une formation mathématique¹³⁷. »

Page était particulièrement sidéré par l'intelligence de Brin : « Bon, il était d'une intelligence carrément inhabituelle, même pour quelqu'un du département d'informatique de Stanford. » En outre, la personnalité extravertie de Brin l'aidait à rassembler les gens. Quand Page arriva à Stanford, on lui donna un bureau dans une grande salle non cloisonnée, la « volière », partagée avec les autres doctorants de première année. « Sergey était très sociable, raconte Page. Il rencontrait tous les étudiants et venait traîner dans la volière avec nous. » Brin avait même le chic d'amadouer les professeurs. « Sergey savait y faire ; il entrait sans frapper dans le bureau des profs et leur faisait la causette, ce qui était plutôt inhabituel pour un étudiant de troisième cycle. Je crois qu'ils le toléraient parce qu'il était très intelligent et très compétent. Il pouvait apporter sa contribution à toutes sortes de trucs sans rapport les uns avec les autres¹³⁸. »

Page rejoignit le Groupe d'interaction humain-ordinateur, qui explorait les moyens d'enrichir la symbiose entre humains et machines. C'était le domaine inauguré par les pionniers Licklider et Engelbart et le sujet de son cours favori à l'université du Michigan. Page adhéra à l'idée d'une conception centrée sur l'utilisateur – les interfaces logiciel et matériel devaient être intuitives et l'utilisateur avait toujours raison. Il était allé à Stanford en sachant qu'il voulait avoir comme directeur de thèse Terry Winograd, un joyeux professeur ébouriffé comme Albert Einstein. Winograd avait étudié l'intelligence artificielle mais, après avoir réfléchi sur l'essence de la cognition humaine, il avait changé de cap, comme Engelbart, pour s'intéresser à la manière dont les machines pourraient augmenter et amplifier (et non reproduire et remplacer) la pensée humaine. « J'ai détourné mon regard de ce qui serait considéré comme l'intelligence artificielle pour aborder la question plus vaste “Comment voulez-vous interagir avec un ordinateur ?” » expliqua Winograd¹³⁹.

Le domaine des interactions humain-ordinateur et de la conception des interfaces, en dépit de sa noble ascendance remontant jusqu'à Licklider, était encore considéré comme une spécialité plutôt « douce », méprisée par les informaticiens purs et durs comme une matière d'ordinaire enseignée par de simples professeurs de

psychologie, ce qu'avaient été J. C. R. Licklider et Judith Olson. D'après Page, « pour les gens qui étudiaient les machines de Turing, par exemple, l'étude des réponses humaines était considérée comme une spécialité émotionnelle, un peu comme si on était coincé dans les humanités ». Winograd contribua à rehausser la réputation de ce domaine : « Terry avait une formation en informatique très concrète datant de l'époque où il travaillait sur l'intelligence artificielle, mais il s'intéressait aussi à l'interaction humain-ordinateur, domaine où pratiquement personne ne travaillait et qui, à mon avis, méritait plus de respect. » L'un des cours favori de Page était Techniques cinématographiques dans la conception des interfaces utilisateur. « Ça vous montrait comment le langage et les techniques du cinéma pouvaient véritablement s'appliquer à la conception des interfaces¹⁴⁰. »

La spécialité universitaire de Sergey Brin était l'extraction de données. Avec le professeur Motwani, il créa un groupe appelé MIDAS, pour *Mining Data at Stanford* – « extraire des données à Stanford ». Parmi les articles qu'ils produisirent (avec Carl Silverstein, un autre étudiant de troisième cycle, qui serait leur première recrue quand ils fonderaient Google), il y en avait deux sur l'analyse dite du panier de la ménagère, technique examinant dans quelle mesure un consommateur qui achète les articles A et B peut vraisemblablement acheter aussi les articles C et D¹⁴¹. À partir de là, Brin s'intéressa aux moyens d'analyser les schémas détectables dans les trésors de données recelés par le Web.

Avec l'aide de Winograd, Page commença à chercher un sujet de thèse. Il envisagea une dizaine d'idées, dont une sur la conception d'automobiles sans conducteur (qui serait ultérieurement reprise par Google). Il finit par se fixer sur une étude de la manière d'évaluer l'importance relative des différents sites sur le Web. Cette méthode vient de son enfance passée dans un environnement familial universitaire. L'un^{*9} des critères qui déterminent la valeur d'un article scientifique est le nombre d'autres chercheurs qui le citent dans leurs notes et leur bibliographie. Dans le même esprit, un moyen de déterminer la valeur d'une page Web serait de voir combien d'autres pages Web contiennent des liens qui la désignent.

Là, il y avait un problème. Vu la manière dont Tim Berners-Lee avait conçu le Web, à la grande consternation de puristes comme Ted Nelson, n'importe qui pouvait créer un lien vers une autre page sans en demander la permission, enregistrer ce lien dans une base de données, ou rendre ce lien bidirectionnel. Ce qui permettait au Web

de s'étendre bon gré mal gré. Or cela signifiait aussi qu'il n'y avait pas de moyen simple de savoir le nombre de liens désignant une page Web donnée, ni d'où pourraient venir ces liens. On pouvait examiner une page Web et voir tous les liens qui en portaient, mais on ne pouvait pas estimer ni le nombre ni la qualité des liens qui la désignaient. « Le Web était une version appauvrie d'autres systèmes collaboratifs que j'avais vus, car son hypertexte avait un défaut : il n'avait pas de liens bidirectionnels », explique Page¹⁴².

Page entreprit donc de trouver un moyen de constituer une gigantesque base de données sur les liens, de façon à pouvoir les suivre à l'envers et voir quels sites dirigeaient des liens vers chaque page. L'une des motivations était d'encourager la collaboration. Son plan permettrait aux internautes d'annoter une autre page. Si Harry écrivait un commentaire et y insérait un lien vers le site Web de Sally, alors les gens qui regarderaient son site Web à elle pourraient aller voir son commentaire à lui : « En inversant les liens, ce qui permettrait de remonter jusqu'à leur origine, on permettrait aux gens de commenter ou d'annoter un site en créant simplement un lien vers lui¹⁴³. »

La méthode adoptée par Page pour inverser les liens se fondait sur une idée audacieuse qui lui vint brusquement une nuit lorsqu'il s'éveilla d'un rêve : « Je me disais : et si nous pouvions télécharger l'intégralité du Web et ne garder que les liens ? J'ai saisi un stylo et commencé à écrire. J'ai passé le milieu de cette nuit-là à griffonner les détails de l'opération et je me suis convaincu que ça allait marcher¹⁴⁴. » Cet accès d'activité nocturne lui servit de leçon. « Il faut être un peu excessif dans les objectifs que vous allez vous fixer, dirait-il plus tard à un groupe d'étudiants israéliens. Il y a une expression que j'ai apprise à l'université, "avoir un sain mépris pour l'impossible". Ça, c'est vraiment une bonne formule. Vous devriez essayer de faire des choses que la plupart des gens n'oseraient pas entreprendre¹⁴⁵. »

Cartographier le Web n'était pas une mince affaire. Même à cette époque héroïque, en janvier 1996, il y avait déjà cent mille sites totalisant dix millions de documents et près d'un milliard de liens entre eux, et la croissance était exponentielle. Au début de l'été, Page créa un robot indexeur conçu pour démarrer sur sa propre page d'accueil puis de suivre tous les liens qu'il rencontrerait. Tout en filant comme une araignée vélocé dans les mailles du Web, il stockerait le texte de chaque lien hypertexte, les titres des pages et une mention de l'origine de chaque lien. Il appela ce projet BackRub.

Page informa son directeur de thèse, Terry Winograd, que d'après

ses estimations sommaires son robot indexeur pourrait accomplir la tâche en quelques semaines. « Terry a hoché la tête d'un air entendu, tout à fait conscient qu'il faudrait beaucoup plus de temps, mais assez sage pour ne pas me le dire, raconte Page. L'optimisme de la jeunesse est souvent sous-estimé¹⁴⁶ ! » Le projet absorba bientôt près de la moitié de la largeur de bande passante Internet allouée à toute l'université et causa au moins un plantage général du campus. Mais les autorités de Stanford furent indulgentes. « Je n'ai presque plus d'espace disque », communiqua Page par courriel à Winograd le 15 juillet 1996, après avoir collecté vingt-quatre millions d'URL et plus de cent millions de liens. Il précisait : « Je n'ai que quinze pour cent environ des pages, mais ça semble très prometteur¹⁴⁷. »

L'audace additionnée à la complexité du projet de Page séduisirent l'esprit mathématique de Sergey Brin, qui cherchait un sujet pour sa thèse. Il fut enthousiasmé à l'idée d'unir ses forces avec son ami : « C'était le plus passionnant des projets, à la fois parce qu'il s'attaquait au Web, qui représente le savoir humain, et parce que j'aimais bien Larry¹⁴⁸. »

BackRub était encore, à ce stade, conçu pour être une compilation de liens retour sur le Web qui servirait de base à un système d'annotation et une analyse de citations éventuels. « C'est stupéfiant, mais je n'avais pas songé à construire un moteur de recherche, avoue Page. L'idée n'était même pas sur le radar. » À mesure que le projet évoluait, Brin et lui-même imaginèrent des méthodes sophistiquées pour mesurer la valeur de chaque page, fondées sur le nombre et la qualité des liens qui la visaient. C'est alors qu'il vint à l'idée de nos BackRub Boys que leur index de pages classées par importance pourrait devenir la base d'un moteur de recherche performant. Ainsi naquit Google. « Quand un rêve réellement grandiose se présente, dirait Page plus tard, sautez dessus¹⁴⁹ ! »

Au début, le projet révisé s'appelait PageRank (« rang de page ») parce qu'il attribuait un classement à chaque page capturée dans l'index BackRub et, pas vraiment par hasard, exploitait l'humour pince-sans-rire de Page et une certaine vanité. « Ouais, c'est à moi-même que je faisais allusion, malheureusement, avoua-t-il plus tard, honteux et confus. J'ai un peu mauvaise conscience à ce sujet¹⁵⁰. »

L'objectif du classement des pages conduisit à une nouvelle couche de complexité. Au lieu d'indiquer seulement le nombre de liens désignant une page, Page et Brin se rendirent compte que ce serait encore mieux s'ils pouvaient également attribuer une valeur à chacun de ces liens entrants. Par exemple, un lien entrant venant du *New York*

Times devrait compter plus qu'un lien émis de la chambre en résidence universitaire de Justin Hall sur le campus de Swarthmore. Ce qui déclenchait un processus récursif avec de multiples boucles de rétroaction : chaque page était classée par le nombre et la qualité des liens qui y aboutissaient, et la qualité de ces liens était déterminée par le nombre et la qualité des liens désignant les pages qui les avait générés, et ainsi de suite. « C'est totalement récursif, expliquait Page. C'est une très grande boucle. Mais les mathématiques sont à la hauteur. On peut résoudre le problème¹⁵¹. »

C'était le type de complexité mathématique que Brin appréciait véritablement : « Nous avons en fait développé pas mal de maths pour résoudre le problème. Nous avons intégralement converti le Web en une grosse équation à plusieurs centaines de millions de variables, qui sont les classements individuels de toutes les pages Web¹⁵². » Dans un article qu'ils cosignèrent avec leurs deux directeurs de recherche, ils développèrent les formules mathématiques complexes fondées sur le nombre de liens entrants reçus par chaque page et le classement relatif de chacun de ces liens. Puis ils le traduisirent en termes simples pour le non-spécialiste : « Une page a un rang élevé si la somme des rangs de ses liens retour est élevée. Ce qui couvre à la fois le cas où une page a de nombreux liens retour et celui où une page a peu de liens retour, mais de très haute valeur¹⁵³. »

La question à un million de dollars était de savoir si PageRank produirait vraiment de meilleurs résultats de recherche. Ils procédèrent donc à un test comparatif. Dans l'un de leurs exemples, ils lancèrent une recherche sur *université*. Sur AltaVista et d'autres moteurs de recherche, cela donnait une liste aléatoire de pages qui se trouvaient avoir *université* dans leur titre. « Je me rappelle leur avoir demandé : "Pourquoi vous donnez aux gens des trucs aussi nuls ?" », dit Page. La réponse qu'il reçut était que les résultats médiocres étaient sa faute et qu'il devrait affiner sa requête de recherche. « J'avais appris au cours sur l'interaction humain-ordinateur qu'accuser l'utilisateur est une mauvaise stratégie, alors je savais qu'à la base ils se trompaient. Cette intuition – que l'utilisateur a toujours raison – nous a conduit à l'idée que nous pourrions produire un meilleur moteur de recherche¹⁵⁴. » Avec PageRank, la tête de liste pour une recherche sur *université* afficha Stanford, Harvard, le MIT et l'université du Michigan, ce qui plut énormément à Page et Brin. « Et je me suis dit "Waouh !" raconte Page. Il était évident pour moi et pour le reste du groupe que si vous disposez d'une méthode de classement fondée non seulement sur la page elle-même mais aussi sur ce que le monde pensait de cette page, ce serait un atout très réel pour la recherche¹⁵⁵. »

Page et Brin entreprirent d'affiner PageRank en ajoutant encore d'autres facteurs, tels que la fréquence, la taille des caractères et l'emplacement des mots clés sur une page Web. Des points supplémentaires étaient ajoutés si le mot clé figurait dans l'URL, était en capitales ou dans le titre. Ils examinaient chaque ensemble de résultats, puis modifiaient et affinaient la formule. Ils découvrirent qu'il était important de donner beaucoup de poids au texte d'appel, les mots soulignés qui dénotent un lien hypertexte. Par exemple, les mots *Bill Clinton* formaient le texte d'appel de nombreux liens menant à whitehouse.gov, si bien que cette page Web se retrouvait en tête des résultats quand un usager cherchait *Bill Clinton*, même si le site officiel de la Maison Blanche ne comportait pas le nom de Bill Clinton affiché bien en évidence sur sa page d'accueil. En revanche, l'un des concurrents donnait « La blague du jour sur Bill Clinton » en numéro un quand on tapait *Bill Clinton* dans sa barre de recherche¹⁵⁶.

En partie à cause du nombre gigantesque de pages et de liens impliqués, Page et Brin baptisèrent leur moteur de recherche Google, allusion au *googol*, le nombre représenté par 1 suivi de cent zéros, qui leur avait été suggéré par l'un de leurs camarades de bureau à Stanford, Sean Anderson. Et quand ils tapèrent *Google* pour voir si ce nom de domaine était disponible, il l'était. Alors Page sauta sur l'occasion. « Je ne suis pas sûr que nous étions conscients d'avoir fait une faute d'orthographe, dirait plus tard Brin. Mais, de toute façon, *googol* était déjà pris. Un type avait déjà enregistré *Googol.com*, et j'ai essayé de le lui racheter, mais il ne voulait pas s'en séparer. Alors nous sommes restés sur Google¹⁵⁷. » Un mot facétieux, facile à retenir, à saisir au clavier et à transformer en verbe^{*10}.

Page et Brin s'efforcèrent d'améliorer Google de deux manières. Pour commencer, ils déployèrent bien plus de bande passante, de puissance de calcul et de capacité de stockage que n'importe quel autre de leurs concurrents, dopant leur robot arpenteur du Web pour lui faire indexer cent pages par seconde. En outre, ils étudiaient fanatiquement le comportement des internautes afin de pouvoir modifier en permanence leurs algorithmes. Si les utilisateurs cliquaient sur le résultat numéro un sans retourner ensuite sur la liste, c'est qu'ils avaient trouvé ce qu'ils cherchaient. Mais s'ils lançaient une recherche puis retournaient immédiatement à la liste pour modifier leur requête, cela signifiait qu'ils n'étaient pas satisfaits et que les ingénieurs devaient découvrir, en examinant la requête modifiée, ce qu'ils cherchaient vraiment au départ. Chaque fois que les usagers déroulaient la liste jusqu'à la deuxième ou troisième page de résultats, cela signifiait qu'ils n'étaient pas satisfaits de la

hiérarchisation des résultats reçus. Ainsi que l'a fait remarquer le journaliste Steven Levy, cette boucle de rétroaction a aidé Google à comprendre que lorsque les gens tapaient *chiens* ils cherchaient aussi *chiots*, et qu'en tapant *bouillante* ils pensaient peut-être aussi à *eau chaude*, et Google finit aussi par apprendre que lorsqu'ils tapaient *hot dog* ils ne cherchaient vraiment pas du tout des *chiots bouillants*¹⁵⁸.

Une seule autre personne inventa un système à base de liens hypertexte très similaire à PageRank : un ingénieur chinois, Li Yanhong (ou « Robin Li »), qui étudia à l'université de l'État de New York (SUNY) à Buffalo puis rejoignit une division de Dow Jones basée au New Jersey. Au printemps 1996, juste au moment où Page et Brin créaient PageRank, Li trouva un algorithme, qu'il baptisa RankDex, pour déterminer la valeur des résultats de recherche à partir du nombre de liens entrants sur une page et du contenu du texte d'appel de ces liens. Il s'acheta un guide pratique des formalités pour faire breveter cette idée, ce qu'il réussit avec l'aide de Dow Jones. Mais cette société ne donna pas suite au projet, et Li migra donc sur la côte Ouest pour travailler chez Infoseek puis retourna en Chine. C'est là qu'il cofonda Baidu, qui devint le plus gros moteur de recherche de ce pays et l'un des plus puissants concurrents mondiaux de Google.

Début 1998, la base de données de Page et Brin cartographiait déjà près de cinq cent dix-huit millions de liens hypertexte sur les quelque trois milliards que comptait le Web à l'époque. Page tenait absolument à ce que Google ne demeure pas un simple projet universitaire, mais devienne aussi un produit à succès : « C'était comme le problème de Nicola Tesla. Vous faites une invention que vous trouvez super, alors vous voulez qu'elle soit utilisée par des tas de gens et le plus vite possible¹⁵⁹. »

Leur désir de transformer un sujet de thèse en une affaire commerciale n'incitait pas Page et Brin à publier quoi que ce soit sur ce qu'ils avaient réalisé ou à en organiser des présentations formelles. Mais leurs directeurs de thèse ne cessèrent de les harceler pour qu'ils publient quelque chose, alors, au printemps 1998, ils produisirent un article de vingt pages qui réussit à expliquer les théories abstraites derrière PageRank et Google sans trop abattre leurs cartes, pour protéger leurs secrets de leurs concurrents. Intitulé « Anatomie d'un moteur de recherche Web hypertextuel à grande échelle », il fut l'objet d'une communication lors d'un colloque en Australie en avril 1998.

Il commençait ainsi : « Dans cet article, nous présentons Google, prototype d'un moteur de recherche à grande échelle qui utilise puissamment la structure existant dans l'hypertexte¹⁶⁰. » En

cartographiant plus d'un demi-milliard de liens sur les trois milliards que comptait le Web, ils purent affecter à vingt-cinq millions de pages Web au bas mot un classement qui « correspond bien avec l'idée subjective que les gens se font de l'importance ». Ils détaillaient « l'algorithme itératif simple » qui produisait un classement pour chaque page. « La procédure en usage dans la littérature universitaire a été appliquée au Web, principalement en décomptant les citations ou les liens retour vers une page donnée. Ce qui fournit une valeur approximative de l'importance ou de la qualité de la page. PageRank prolonge cette idée en ne comptant pas uniformément les liens issus de toutes les pages. »

L'article comprenait de nombreux détails techniques sur le classement, les robots d'indexage, l'indexage lui-même, l'itération des algorithmes. Il y avait aussi quelques paragraphes donnant des indications utiles pour des recherches ultérieures. Mais en fin de compte il était clair qu'il ne s'agissait pas là d'un exercice universitaire ou d'une recherche purement érudite. Ils étaient engagés dans ce qui deviendrait manifestement une entreprise commerciale. « Google est conçu pour être un moteur de recherche à échelle variable, déclaraient-ils en conclusion. L'objectif principal est de fournir des résultats de recherche de grande qualité. »

Ce qui aurait pu être un problème dans des universités où la recherche était censée être principalement menée dans un but académique et non en vue d'applications commerciales. Mais à Stanford, non seulement on permettait aux étudiants de travailler sur des projets commerciaux, mais on les y encourageait et on les aidait. Il y avait même un bureau pour faciliter les processus de demande de brevet et d'exploitation sous licence. « Nous avons ici à Stanford un environnement qui promeut l'esprit d'entreprise et la recherche en tant que prise de risques, déclarait John Hennessy, président de l'université. Les gens ici comprennent vraiment que parfois le meilleur moyen de produire un effet sur le monde n'est pas de rédiger un article érudite, mais de prendre la technologie à laquelle on croit et d'en faire quelque chose¹⁶¹. »

Page et Brin commencèrent à essayer de vendre la licence de leur logiciel à d'autres sociétés ; ils rencontrèrent donc les directeurs généraux de Yahoo!, Excite et AltaVista. Ils demandaient un droit d'exploitation d'un million de dollars, ce qui n'était pas exorbitant, puisque cela inclurait les droits de leurs brevets aussi bien que leur assistance technique personnelle. « Ces sociétés valaient au bas mot des centaines de millions de dollars à l'époque, dirait Page plus tard. Ce n'était pas pour elles une dépense significative. Mais il y a eu un manque d'intuition au niveau directorial. Beaucoup nous ont dit : "La

recherche n'est pas si importante que ça¹⁶².” »

Résultat : Page et Brin décidèrent de lancer leur propre société. Il y avait heureusement dans un rayon de quelques kilomètres autour du campus des entrepreneurs prospères prêts à jouer les *business angels* – investisseurs providentiels – et des capital-risqueurs impatients juste au coin de Sandhill Road, pour leur fournir la mise de fonds initiale. David Cheriton, l'un de leurs professeurs à Stanford, avait fondé avec le concours d'un de ces investisseurs, Andy Bechtolsheim, une société de produits Ethernet, Granite Systems, qu'ils avaient revendue à Cisco Systems. En août 1998, Cheriton suggéra à Page et Brin qu'ils rencontrent Bechtolsheim, qui avait aussi cofondé Sun Microsystems. Une nuit, et plutôt tard, Brin lui envoya un courriel. Il reçut une réponse sur-le-champ, et tôt le lendemain matin ils se rencontrèrent tous sur la véranda de la résidence de Cheriton à Palo Alto.

Même à cette heure indue pour des étudiants, Page et Brin réussirent à produire une démonstration convaincante de leur moteur de recherche ; ils prouvèrent qu'ils pouvaient télécharger, indexer et classer une bonne partie du Web avec des batteries de mini-ordinateurs. Ce fut une réunion peu stressante au plus fort du boom des start-up, et les questions de Bechtolsheim étaient encourageantes. Contrairement aux dizaines de boniments qu'on lui servait chaque semaine, il ne s'agissait pas de la présentation PowerPoint d'un *vaporware*, un de ces logiciels fantômes qui n'existent pas encore. Bechtolsheim pouvait taper pour de bon ses requêtes et les réponses qui arrivaient instantanément étaient bien meilleures que ce que produisait AltaVista. En plus, les deux fondateurs étaient super intelligents et fortement motivés, bref, le genre d'entrepreneurs sur lesquels il aimait miser. Bechtolsheim appréciait le fait qu'ils ne gaspillaient pas de grosses sommes d'argent – ou d'argent tout court, en l'occurrence – pour le marketing. Ils savaient que Google était assez performant pour se répandre par le bouche à oreille, et toutes leurs économies passaient dans l'achat des composants des serveurs qu'ils montaient eux-mêmes. « D'autres sites Web qui se faisaient financer par le capital-risque prenaient un gros paquet de dollars et le claquaient sur la pub, disait Bechtolsheim. Leur démarche était à l'opposé. On construit quelque chose qui tient debout et on offre un service assez convaincant pour que les gens se mettent à l'utiliser¹⁶³. »

Bien que Brin et Page répugnent à accepter de la publicité, Bechtolsheim savait qu'il serait simple – sans qu'on crie à la corruption – de placer des encarts clairement étiquetés sur la page des résultats de recherche. Ce qui signifiait qu'il y avait une source manifeste de revenus à laquelle puiser. « C'est la meilleure idée dont j'ai entendu parler depuis des années », leur dit Bechtolsheim. Puis ils

parlèrent évaluation et il leur signala qu'ils fixaient leur prix trop bas. « Bon, je ne veux pas perdre de temps, conclut-il puisqu'il fallait qu'il parte travailler. Je suis sûr que ça va vous servir, les mecs, si je vous fais un petit chèque. » Il alla à sa voiture pour chercher son carnet de chèques et en rédigea un à l'ordre de Google Inc. pour cent mille dollars. « Nous n'avons pas encore de compte en banque, l'informa Brin. « Vous le déposez quand vous en aurez un », répliqua Bechtolsheim. Et il démarra au volant de sa Porsche.

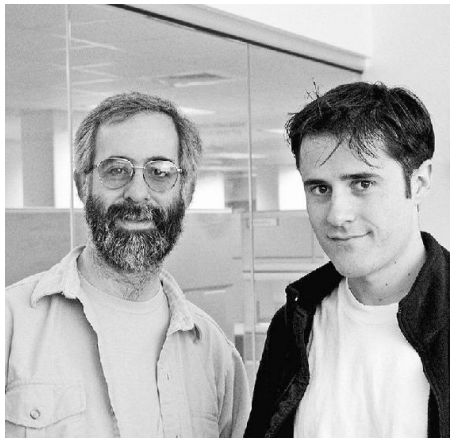
Brin et Page allèrent au Burger King fêter l'événement. « Nous avons pensé que nous devrions manger quelque chose de vraiment bon, même si c'était mauvais pour la santé, explique Page. Et puis ce n'était pas cher. Ça nous a semblé être la formule qui convenait pour célébrer le financement¹⁶⁴. »

Le chèque de Bechtolsheim à l'ordre de Google Inc. les incita à se constituer en société commerciale. « Nous avons été obligés de trouver en vitesse un juriste », raconte Brin¹⁶⁵. Et Page ajoute : « On s'est dit : "Waouh ! peut-être qu'on devrait vraiment créer notre entreprise maintenant¹⁶⁶." » Grâce à la réputation de Bechtolsheim – et aussi à la nature impressionnante du produit de Google –, d'autres investisseurs se manifestèrent, dont Jeff Bezos d'Amazon : « Je suis carrément tombé amoureux de Larry et Sergey. Ils avaient une vision. Et un point de vue centré sur le client¹⁶⁷. » Le buzz favorable autour de Google s'amplifia tellement que, quelques mois plus tard, la société réussit l'exploit peu commun de se faire financer par les deux principales sociétés de capital-risque de Silicon Valley, les rivaes Sequoia Capital et Kleiner Perkins.

Silicon Valley détenait un autre atout, en plus d'une université secourable, de mentors actifs et de capital-risqueurs : un grand nombre de garages, comme celui dans lesquels Hewlett et Packard conçurent leurs premiers produits ou celui dans lequel Jobs et Wozniak montèrent les premières cartes-mères de l'Apple I. Lorsque Page et Brin se rendirent compte qu'il était temps de mettre de côté leurs projets de thèse et de quitter le cocon de Stanford, ils trouvèrent un garage – un garage pour deux voitures, auquel s'ajoutaient un bain à remous et deux chambres d'amis dans la maison elle-même –, qu'ils pouvaient louer pour mille sept cents dollars par mois dans la maison de Menlo Park appartenant à une amie de Stanford, Susan Wojcicki, qui ne tarderait pas à rejoindre Google. En septembre 1998, un mois après leur rencontre avec Bechtolsheim, Page et Brin se constituèrent en société commerciale, ouvrirent un compte en banque et encaissèrent le chèque. Ils fixèrent sur le mur du garage un tableau blanc avec l'inscription « Siège mondial de Google ».

Outre qu'il rendait intégralement accessibles toutes les informations du Web, Google représentait un saut quantique immense dans la relation entre les humains et les machines – la « symbiose homme-ordinateur » imaginée par Licklider quatre décennies plus tôt. Yahoo! avait tenté une version plus primitive de cette symbiose en recourant à la fois à la recherche électronique et à des annuaires compilés par des humains. La démarche adoptée par Page et Brin pourrait sembler, au premier abord, être un moyen d'enlever les mains humaines de cette formule en confiant exclusivement les recherches à des robots indexeurs et des algorithmes informatiques. Mais un examen plus sérieux révèle que leur démarche était en fait un alliage d'intelligence machinique et d'intelligence humaine. Leur algorithme s'appuyait sur les milliards de jugements humains émis par les internautes chaque fois qu'ils créaient des liens à partir de leurs propres sites Web. C'était une manière automatisée de puiser dans la sagesse humaine – autrement dit, une forme supérieure de symbiose humain-ordinateur. « Le processus pourrait donner l'impression d'être entièrement automatisé, expliquait Brin, mais en ce qui concerne la quantité d'informations d'origine humaine qui entre dans le produit final, il s'agit là de millions de personnes qui prennent le temps de concevoir leurs pages Web, de déterminer vers qui envoyer un lien, et de quelle manière, et cet élément humain y est intégré¹⁶⁸. »

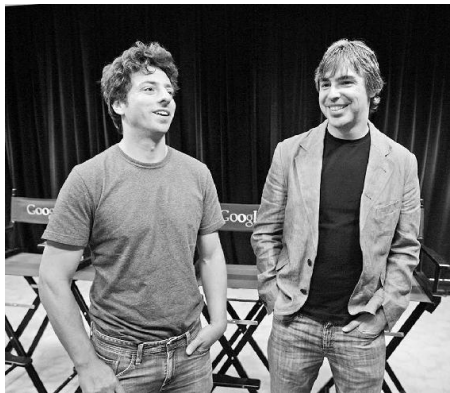
Dans son essai fondateur de 1945, « Comme nous pouvons le penser », Vannevar Bush avait lancé le défi : « La somme accumulée de l'expérience humaine augmente à une vitesse prodigieuse, et les moyens que nous utilisons pour nous frayer, dans le dédale résultant, un passage vers l'information momentanément importante sont les mêmes que ceux utilisés à l'époque des navires grésés en carré. » Dans l'article qu'ils soumièrent à Stanford juste avant de partir pour lancer leur société, Brin et Page raisonnèrent de même : « Le nombre de documents dans les index a augmenté de plusieurs ordres de grandeur, mais pas la capacité de l'utilisateur à examiner les documents. » Leur texte était moins éloquent que celui de Bush, mais ils avaient réussi à réaliser son rêve d'une collaboration humain-machine pour traiter la surcharge d'information. Ce faisant, Google devint la culmination d'un processus étalé sur soixante ans et visant à créer un monde dans lequel les humains, les ordinateurs et les réseaux étaient intimement liés. N'importe quel internaute pouvait partager ses informations avec n'importe quel autre, où qu'il soit, et, comme le promettait l'almanach victorien, chercher à s'informer sur tout.



*Dan Bricklin (né en 1951) et Evan Williams (né en 1972)
en 2001.*



Jimmy Wales (né en 1966).



Sergey Brin (né en 1973) et Larry Page (né en 1973).



*1. Comme le HTTP du Web, Gopher était un protocole d'application Internet (TCP/IP). Il facilitait une navigation par menus pour trouver et diffuser des documents en ligne (en général, des textes). Les liens étaient produits par les serveurs au lieu d'être incorporés aux documents. Le nom *gopher* renvoyait à l'écureuil terrestre qui est la mascotte de l'université, avec un jeu de mots sur *gopher/go for* (« aller chercher »).

*2. Un an plus tard, Andreessen s'associerait avec l'entrepreneur aux nombreux succès Jim Clark pour lancer la société Netscape qui produisait une version commerciale du navigateur Mosaic.

*3. Bitcoin et d'autres monnaies dites cryptées intègrent des techniques de chiffrement mathématiquement codées et d'autres principes cryptographiques pour créer une monnaie sécurisée dépourvue de contrôle centralisé.

*4. En mai 2003, le substantif *blog* et le verbe *to blog* furent admis dans l'*Oxford English Dictionary* (*blog* tel quel entrerait au *Petit Larousse* et au *Petit Robert* en 2006 – NdT).

*5. Il est révélateur et tout à l'honneur de Wikipedia que ses articles sur sa propre histoire et sur le rôle de Wales et de Sanger aient fini par être, après de nombreux affrontements sur les forums de discussion, équilibrés et objectifs.

*6. Créé par Paul Terrell, propriétaire de The Byte Shop, qui avait lancé l'Apple I en commandant les cinquante premiers exemplaires pour son magasin.

*7. Celui écrit par Bill Gates.

*8. Bill Gates a financé des bâtiments d'informatique à Harvard, à Stanford, au MIT et à l'université Carnegie Mellon. Celui de Harvard, cofinancé avec Steve Ballmer, s'appelle Maxwell Dworkin, en hommage à leurs mères.

*9. Cette restriction est primordiale : ce critère ne mesure que la notoriété – bonne ou

mauvaise – de l'article et/ou de son auteur. (NdT)

*10. L'*Oxford English Dictionary* a intégré le verbe *to google* en 2006.

Éternelle Ada

L'objection de lady Lovelace

Ada Lovelace aurait été contente. Dans la mesure où nous pouvons nous permettre de présumer des pensées d'une personne morte depuis plus de cent cinquante ans, nous pouvons l'imaginer en train d'écrire une missive arrogante où elle se vante d'avoir eu l'intuition que les calculatrices deviendraient un jour des ordinateurs multitâches, de belles machines qui peuvent non seulement manipuler des nombres, mais aussi faire de la musique, traiter des textes et « combiner ensemble des symboles généraux en successions d'une infinie variété ».

De telles machines apparurent dans les années 1950 et, au cours des trente années suivantes, elles profitèrent de deux innovations historiques pour révolutionner notre façon de vivre : les circuits intégrés permirent aux ordinateurs de devenir assez petits pour être portables et individuels, et les réseaux à commutation par paquets leur permirent d'être connectés en tant que nœuds dans un réseau. Cette fusion de l'ordinateur individuel et d'Internet permit à la créativité numérique, au partage des contenus, à la formation de communautés et au réseautage social de s'épanouir à grande échelle. Elle réalisa ce qu'Ada appelait « la science poétique », dans laquelle la créativité et la technologie étaient la chaîne et la trame, comme une tapisserie produite par le métier Jacquard.

Ada pourrait aussi se vanter avec raison d'avoir vu juste, du moins jusqu'ici, dans son affirmation plus controversée que nul calculateur,

si puissant soit-il, ne serait jamais véritablement une machine « pensante ». Un siècle après la mort d'Ada, Alan Turing évoqua cette « objection de lady Lovelace » et tenta de la réfuter en fournissant la définition opérationnelle d'une machine pensante – via un test où l'interrogateur humain ne pourrait distinguer la machine de l'humain – et en prédisant qu'un ordinateur réussirait le test dans quelques dizaines d'années. Or il s'est écoulé plus de soixante ans depuis, et les machines qui tentent de tromper les humains lors du test sont au mieux engagées dans des procédés de conversation boiteux et non dans un authentique processus de pensée. Et, assurément, aucune n'est parvenue à l'étape supérieure fixée par Ada, celle de pouvoir « générer » la moindre pensée personnelle.

Depuis que Mary Shelley imagina l'histoire de Frankenstein pendant des vacances en compagnie du père d'Ada, lord Byron, la perspective qu'une machine créée par l'homme puisse avoir ses propres pensées n'a cessé de troubler les générations suivantes. Le thème « Frankenstein » est devenu un cliché de science-fiction. Un exemple frappant en est le film de 1968 signé par Stanley Kubrick, *2001, L'Odyssée de l'espace*, dont la vedette, l'ordinateur HAL, est doté d'une intelligence inquiétante et funeste. Avec sa voix calme, HAL affiche les attributs d'un humain : l'aptitude à parler, à raisonner, à reconnaître les visages, à apprécier la beauté, à montrer de l'émotion et (évidemment) à jouer aux échecs. Lorsque HAL semble avoir un dysfonctionnement, les astronautes humains décident de le désactiver. HAL prend conscience de ce projet et les assassine tous sauf un. Après une lutte héroïque, l'astronaute survivant accède aux circuits cognitifs de HAL et les déconnecte un par un. HAL régresse jusqu'à ce qu'à la fin il entonne « Daisy Bell » – hommage à la première chanson générée par ordinateur et chantée par un IBM 704 aux laboratoires Bell en 1961.

Depuis longtemps, les fanatiques de l'intelligence artificielle nous promettent (à moins que ce soit une mise en garde) que des machines comme HAL ne tarderont pas à apparaître et à donner tort à Ada. Telle était la prémisse du colloque organisé au Dartmouth College en 1956 par John McCarthy et Marvin Minsky, où l'intelligence artificielle fut lancée en tant que domaine scientifique. Les participants conclurent qu'il y aurait une percée dans une vingtaine d'années. Il n'y en eut pas. Décennie après décennie, de nouvelles vagues d'experts ont soutenu que l'intelligence artificielle était à l'horizon visible, dans une vingtaine d'années seulement. Or elle est restée un mirage, et toujours attendue dans une vingtaine d'années.

John von Neumann travaillait sur le défi présenté par l'intelligence artificielle peu avant sa mort en 1957. Comme il avait contribué à élaborer l'architecture des calculateurs numériques modernes, il se rendit compte que l'architecture du cerveau humain est fondamentalement différente. Les ordinateurs numériques traitent d'unités précises, tandis que le cerveau, dans la mesure où nous le comprenons, est aussi un système partiellement analogique, qui traite d'un continuum de possibilités. Autrement dit, le processus mental d'un humain implique de nombreuses impulsions de communication et ondes analogiques, émises à partir de différents nerfs, dont les flux se mélangent pour produire non seulement des données binaires du type oui/non, mais aussi des réponses telles que « peut-être », « probablement » et une infinité d'autres nuances, y compris la perplexité occasionnelle. Von Neumann suggéra que l'avenir de l'informatique intelligente exigerait peut-être d'abandonner la démarche purement numérique et de créer des « procédures mixtes » comprenant une combinaison de méthodes numériques et analogiques. « La logique devra subir une pseudomorphose vers la neurologie », déclara-t-il, ce qui, grossièrement traduit, signifiait que les ordinateurs allaient être obligés de ressembler plus au cerveau humain¹.

En 1958, un professeur de l'université Cornell, Frank Rosenblatt, tenta d'y parvenir en élaborant une démarche mathématique pour créer un réseau neural artificiel à l'image de celui du cerveau, qu'il appela Perceptron. En utilisant des données statistiques pondérées, il pouvait théoriquement traiter des données visuelles. Lorsque la Marine, qui finançait ces travaux, dévoila ce système, elle déclencha les hyperboles médiatiques qui accompagneraient les nombreuses pseudo-découvertes ultérieures d'une intelligence artificielle. « La Marine a révélé aujourd'hui l'embryon d'un calculateur électronique dont elle espère qu'il pourra parler, marcher, voir, écrire, se reproduire et être conscient de sa propre existence », lisait-on dans le *New York Times*. Le *New Yorker* était pareillement enthousiasmé : « Le Perceptron, [...] comme son nom l'indique, est capable de ce qui équivaut à une pensée originale [...] Nous avons nettement l'impression qu'il s'agit là du premier rival sérieux du cerveau humain qui ait jamais été conçu². »

C'était il y a presque soixante ans. Le Perceptron n'existe toujours pas³. Néanmoins, depuis cette date, il y a presque chaque année des informations haletantes sur quelque merveille annoncée qui copierait et surpasserait le cerveau humain ; beaucoup utilisent presque mot à mot les mêmes expressions que les articles de 1958 sur le Perceptron.

Le débat sur l'intelligence artificielle se ranima un peu, du moins

dans la grande presse, quand Deep Blue, ordinateur joueur d'échecs d'IBM, eut battu le champion du monde Garry Kasparov en 1997, et ensuite quand Watson, ordinateur IBM répondant aux questions en langage naturel, gagna à Jeopardy ! contre les champions Brad Rutter et Ken Jennings en 2011. « Je crois que ça a secoué toute la communauté de l'intelligence artificielle », dit Virginia Rometty, dite Ginni, directrice générale d'IBM⁴. Mais, comme elle fut la première à l'admettre, il ne s'agissait pas de véritables percées d'une intelligence artificielle anthropomorphe. Deep Blue a gagné sa partie d'échecs par la force brute : il pouvait évaluer deux cent millions de positions par seconde et les comparer à sept cent mille parties de grands maîtres mémorisées. Les calculs de Deep Blue étaient fondamentalement différents – et la plupart d'entre nous en conviendraient – de ce que nous entendons par de la *vraie* pensée. « Deep Blue était aussi intelligent que votre réveil programmable, commenta Kasparov. Mais le fait d'avoir été battu par un réveil à dix millions de dollars n'a été qu'une maigre consolation⁵. »

De même, Watson a gagné à *Jeopardy!* en utilisant des méga-doses de puissance de calcul : il disposait de deux cent millions de pages d'informations dans ses quatre téraoctets de mémoire, dont Wikipedia tout entière n'occupait que 0,2 pour cent. Il pouvait faire des recherches sur l'équivalent d'un million de livres par seconde. Il était aussi passablement compétent dans le traitement de l'anglais parlé. Il n'empêche que personne parmi les spectateurs n'aurait escompté qu'il réussisse le test de Turing. En fait, les responsables de l'équipe IBM craignaient que les rédacteurs de l'épreuve essaient de transformer le jeu en une sorte de test de Turing en composant des questions conçues pour faire trébucher une machine, aussi insistèrent-ils pour que soient exclusivement utilisées des questions déjà posées lors de compétitions qui n'avaient jamais été diffusées. Néanmoins, la machine eut des ratés qui prouvèrent qu'elle n'était pas humaine. Par exemple, une question portait sur la « bizarrerie anatomique » de l'ex-gymnaste olympique George Eyser. Watson répondit : « Qu'est-ce qu'une jambe ? » La réponse correcte était qu'Eyser avait une jambe en moins. Le problème, c'était l'interprétation de *bizarrerie*, expliqua David Ferruci, directeur du projet Watson chez IBM. « L'ordinateur ne pouvait pas savoir qu'une jambe manquante est plus bizarre que n'importe quelle autre chose⁶. »

John Searle, le professeur de philosophie de Berkeley qui élaborait la réfutation dite « chambre chinoise » du test de Turing, se gaussa de l'idée que Watson puisse avoir ne serait-ce qu'une lueur d'intelligence artificielle. « Watson ne comprenait ni les questions, ni ses propres réponses, ni que certaines de ses réponses étaient correctes et d'autres

erronées, ni qu'il était en train de s'adonner à un jeu, ni qu'il avait gagné, soutenait Searle. Au contraire, il avait été conçu pour simuler la compréhension, pour faire comme s'il comprenait⁷. »

Même les gens d'IBM étaient d'accord avec cette analyse. Ils n'avaient jamais tenu Watson pour une machine « intelligente ». « Les ordinateurs actuels sont des idiots surdoués, expliqua John E. Kelly III, directeur de la recherche chez IBM, après les victoires de Deep Blue et de Watson. Ils disposent de capacités gigantesques – et très supérieures à celles des humains – pour stocker de l'information et accomplir des calculs. Mais quand il s'agit d'une autre classe d'aptitudes, la capacité de comprendre, d'apprendre, de s'adapter et d'interagir, les ordinateurs sont désespérément inférieurs aux humains⁸. »

Au lieu de prouver que les machines se rapprochent du stade de l'intelligence artificielle, Deep Blue et Watson indiquèrent en fait le contraire. « Ces exploits récents ont paradoxalement souligné les limitations de l'informatique et de l'intelligence artificielle, affirme le professeur Tomaso Poggio, directeur du Centre cerveaux-esprits-machines au MIT. Nous ne savons toujours pas comment construire des machines qui soient aussi universellement intelligentes que nous⁹. »

Douglas Hofstadter, professeur à l'université d'Indiana, combina les arts et les sciences en 1979 dans son best-seller inattendu *Gödel, Escher, Bach : les brins d'une guirlande éternelle*. Il pensait que le seul moyen d'aboutir à une intelligence artificielle significative serait de comprendre comment fonctionne l'imagination humaine. Sa démarche fut pratiquement abandonnée dans les années 1990, quand les chercheurs trouvèrent qu'il était plus rentable de s'attaquer à des tâches complexes en lançant une puissance de traitement massive à l'assaut de gigantesques quantités de données, à l'instar de Deep Blue jouant aux échecs¹⁰.

Cette démarche mit en relief une singularité : les ordinateurs peuvent accomplir certaines des tâches les plus ardues qui soient (évaluer des milliards de positions possibles aux échecs, trouver des corrélations dans des centaines de réservoirs d'informations de la taille de Wikipedia), mais ils ne peuvent accomplir certaines des tâches qui paraissent très simples aux simples humains que nous sommes. Si vous posez à Google une question factuelle pointue comme « Quelle est la profondeur de la mer Rouge ? », il vous répondra instantanément, « 2 211 mètres », information que même vos amis les plus intelligents ignorent. Si vous lui posez une question facile comme « Est-ce qu'un crocodile peut jouer au basket ? », il séchera, alors que même un

enfant en bas âge pourrait vous répondre, après avoir ri un peu¹¹.

Chez Applied Minds, à Los Angeles, vous pouvez observer le spectacle passionnant d'un robot qu'on programme pour manœuvrer, mais vous vous apercevrez rapidement qu'il a encore du mal à se repérer dans une pièce qu'il ne connaît pas, à ramasser un crayon et à écrire son nom. Une visite chez Nuance Communications, près de Boston, vous fera découvrir les prodigieuses avancées dans les technologies de reconnaissance de la parole qui sont à la base de Siri et d'autres systèmes, mais il est aussi apparent pour quiconque utilise Siri qu'on ne peut pas encore avoir une conversation sensée avec un ordinateur, sauf dans un film de science-fiction. Au Laboratoire d'informatique et d'intelligence artificielle du MIT, un travail intéressant est en cours pour apprendre aux ordinateurs à percevoir les objets visuellement, mais bien que la machine distingue les images d'une fille avec une tasse, d'un garçon devant une fontaine et d'un chat en train de laper du lait, elle ne peut pas faire le raisonnement abstrait rudimentaire exigé pour découvrir qu'ils sont tous les trois engagés dans la même occupation : boire. Une visite au système de commandement central de la police de New York à Manhattan révèle comment les ordinateurs scrutent des milliers d'informations captées par des caméras de surveillance du Domain Awareness System, mais le système ne peut pas encore identifier de manière fiable le visage de votre mère dans une foule.

Toutes ces tâches ont un point commun : elles sont à la portée d'un enfant de quatre ans. « La principale leçon de trente-cinq ans de recherche en intelligence artificielle est que les problèmes difficiles sont faciles et que les problèmes faciles sont difficiles », résume Steven Pinker, chercheur en sciences cognitives à Harvard¹². Comme le futurologue Hans Moravec et d'autres l'ont remarqué, ce paradoxe vient du fait que les ressources informatiques nécessaires pour reconnaître un schéma visuel ou verbal sont démesurées.

Le paradoxe de Moravec renforce les observations de von Neumann, datant d'un demi-siècle, sur la manière dont la chimie fondée sur le carbone du cerveau humain fonctionne différemment des circuits logiques binaires à base de silicium d'un ordinateur. Le biogiciel est différent du matériel. Non seulement le cerveau humain combine des processus analogiques et digitaux, mais c'est aussi un système délocalisé, comme Internet, plutôt qu'un système centralisé, comme un ordinateur. L'unité centrale d'un ordinateur peut exécuter des instructions beaucoup plus vite qu'un neurone cérébral qui décharge son influx nerveux. « Le cerveau fait plus que compenser ce handicap,

parce que tous les neurones et toutes les synapses sont actifs simultanément, alors que la plupart des ordinateurs actuels n'ont qu'une ou tout au plus quatre ou cinq unités centrales », d'après Stuart Russell et Peter Nordvig, auteurs du manuel le plus avancé sur l'intelligence artificielle¹³.

Alors pourquoi ne pas faire un ordinateur qui imite les processus du cerveau humain ? « Nous finirons un jour par séquencer le génome humain et reproduire la méthode par laquelle la nature a créé l'intelligence dans un système à base carbone », imagine Bill Gates. C'est comme lorsqu'on pratique l'ingénierie inverse sur le produit de quelqu'un d'autre afin de résoudre un défi¹⁴. » La tâche ne sera pas facile. Il a fallu aux scientifiques quarante ans pour cartographier l'activité neurologique de l'ascaride, un ver d'un millimètre de long, qui possède 302 neurones et 8 000 synapses^{*1}. Le cerveau humain possède 86 milliards de neurones et jusqu'à 150 billions (15×10^{13}) de synapses¹⁵.

Fin 2013, le *New York Times* signala « un développement qui est sur le point de bouleverser l'univers numérique » et de « rendre possible une nouvelle génération de systèmes d'intelligence artificielle qui accompliront certaines des fonctions que les humains font aisément : voir, parler, écouter, s'orienter, manipuler et contrôler. » Ces expressions rappelaient celles employées dans l'article de 1958 sur le Perceptron (« il pourra parler, marcher, voir, écrire, se reproduire et être conscient de sa propre existence »). Une fois de plus, la stratégie a consisté à copier la manière dont fonctionnent les réseaux neuraux du cerveau humain. Comme l'expliqua le *New York Times*, « la nouvelle démarche informatique se fonde sur le système nerveux biologique, plus particulièrement sur la manière dont les neurones réagissent aux stimuli et se connectent avec d'autres neurones pour interpréter les informations¹⁶ ». IBM et Qualcomm révélèrent chacun de leur côté des projets visant à construire des processeurs informatiques « neuromorphiques » (à l'image du cerveau), et le Human Brain Project, un consortium de recherche européen, annonça qu'il avait fabriqué un microprocesseur neuromorphique comprenant « cinquante millions de synapses en plastique et deux cent mille modèles réalistes de neurones sur une seule gaufre de silicium de vingt centimètres¹⁷ ».

Cette toute dernière salve de dépêches signifie peut-être qu'il y aura, dans quelques décennies, des machines qui penseront comme les humains. « Nous examinons en permanence la liste des choses que les machines ne peuvent pas faire – jouer aux échecs, conduire une voiture, traduire d'une langue à l'autre – et les éliminons ensuite de la liste quand les machines en sont capables, explique Tim Berners-Lee. Un jour, nous arriverons au bout de la liste¹⁸. »

Ces toutes dernières avancées peuvent même aboutir à la *singularité*, terme qui, inventé par von Neumann et popularisé par le futurologue Ray Kurzweil et l'écrivain de science-fiction Vernor Vinge, est parfois employé pour décrire le moment où les ordinateurs ne seront pas seulement plus intelligents que les humains, mais pourront aussi se transformer tout seuls pour être encore plus super intelligents, et donc n'auront plus besoin de nous autres mortels. Vinge disait en 1993 que cela arriverait en 2030 au plus tard¹⁹.

D'un autre côté, ces ultimes révélations pourraient s'avérer être comme celles, formulées de manière similaire, des années 1950 : des aperçus fugitifs d'un mirage en recul permanent. Une véritable intelligence artificielle peut exiger quelques générations, voire plusieurs siècles de plus. Nous pouvons laisser ce débat aux futurologues. Et, de fait, selon la définition que l'on aura de la conscience, l'IA peut ne jamais se produire. Nous pouvons laisser ce débat-là aux philosophes et aux théologiens. « L'ingéniosité humaine, écrivait Léonard de Vinci, dont l'Homme vitruvien est devenu le symbole ultime de l'intersection de l'art et de la science, ne concevra jamais d'inventions plus belles, ni plus simples, ni plus adaptées au dessein que celles de la Nature. »

Il existe toutefois une autre possibilité – et qui plairait à Ada –, fondée sur un demi-siècle de développement de l'informatique dans la tradition de Vannevar Bush, J. C. R. Licklider et Doug Engelbart.

La symbiose humain-ordinateur

« La machine analytique n'a pas la moindre prétention à *générer* quoi que ce soit, déclarait Ada Lovelace. Elle peut faire tout ce que nous savons lui commander de faire. » Dans son esprit, les machines ne remplaceraient pas les humains, mais deviendraient leurs partenaires. Ce que les humains apporteraient à cette relation, disait-elle, serait l'originalité et la créativité.

Telle était l'idée derrière la solution de rechange à la quête de l'intelligence artificielle pure : rechercher à la place l'intelligence augmentée qui naît lorsque les machines deviennent les associées des humains. La stratégie d'une combinaison des capacités informatiques et humaines visant à créer une symbiose humain-ordinateur se révéla plus fructueuse que la recherche de machines capables de penser par elles-mêmes.

Licklider contribua à baliser ce parcours dès 1960 dans son article « La symbiose homme-ordinateur », qui proclamait : « Les cerveaux humains et les calculateurs seront très étroitement accouplés, et le

partenariat résultant pensera comme jamais cerveau humain n'a pensé et traitera des données d'une manière dont sont encore loin les machines de gestion de l'information telles que nous les connaissons aujourd'hui²⁰. » Ses idées remontaient au *memex*, l'ordinateur individuel imaginé par Vannevar Bush dans son essai de 1945 « Comme nous pouvons le penser ». Licklider s'inspirait aussi de ses propres travaux pour l'élaboration du système de défense anti-aérienne SAGE, qui exigeait une étroite collaboration entre humains et machines.

En 1968, Douglas Engelbart donna une interface conviviale à la démarche de Bush-Licklider quand il fit la démonstration d'un système informatique réseauté comportant un affichage graphique intuitif et une souris. Dans un manifeste intitulé « Augmenter l'intellect humain », il reprenait l'argument de Licklider. L'objectif, écrivait Engelbart, serait de créer « un domaine humain intégré où les pressentiments, les tâtonnements, les impondérables et le "pifomètre" coexistent utilement avec [...] des moyens électroniques très performants. » Richard Brautigan, dans son poème « All Watched Over by Machines of Loving Grace », avait exprimé ce rêve sur un mode un peu plus lyrique : « une prairie cybernétique / où mammifères et ordinateurs / vivent ensemble dans une harmonie / mutuellement programmatrice. »

Les équipes qui construisirent Deep Blue et Watson ont adopté cette démarche symbiotique au lieu de viser l'objectif des puristes de l'intelligence artificielle. « Le but n'est pas de reproduire le cerveau humain », déclare John Kelly, directeur de la recherche chez IBM. Reprenant le credo de Licklider, il ajoute : « Il ne s'agit pas de remplacer la pensée humaine par la pensée machinique. À l'ère des systèmes cognitifs, humains et machines collaboreront pour produire de meilleurs résultats, chacun apportant au partenariat les aptitudes où il est supérieur²¹. »

Un exemple de la puissance de cette symbiose humain-ordinateur a été donné par la révélation qui frappa Kasparov quand il fut battu par Deep Blue : même dans un jeu défini par des règles tels que les échecs, « les ordinateurs sont performants là où les humains sont faibles, et vice versa ». Ce qui lui donna l'idée d'une expérience : « Et si au lieu de jouer homme contre machine nous jouions en tant que partenaires ? » Quand lui-même et un autre grand maître en firent l'essai, il se créa la symbiose imaginée par Licklider : « Nous pouvions nous concentrer sur la stratégie au lieu de passer tout ce temps en calculs. La créativité humaine était encore plus essentielle en pareilles

circonstances. »

Un tournoi d'échecs fut organisé sur ces bases en 2005. Les joueurs pouvaient jouer en équipe avec le ou les ordinateurs de leur choix. De nombreux grands maîtres entrèrent en lice, de même que les ordinateurs les plus perfectionnés. Mais ni le meilleur grand maître ni le plus puissant ordinateur ne gagnèrent. Ce fut la symbiose qui gagna. « Les équipes homme-machine ont dominé même les ordinateurs les plus puissants, nota Kasparov. La direction stratégique humaine alliée à l'acuité tactique d'un ordinateur a été écrasante. » Le vainqueur final n'était ni un grand maître, ni un ordinateur dernier cri, ni même une combinaison des deux, mais deux amateurs américains qui utilisaient trois ordinateurs en même temps et savaient gérer le processus de collaboration avec leurs machines. D'après Kasparov, « leur talent dans la manipulation de leurs ordinateurs, qu'ils ont entraînés à examiner les positions très en profondeur, a contrebalancé efficacement la compréhension supérieure des échecs des grands maîtres qui leur étaient opposés et la plus grande puissance de calcul à la disposition d'autres participants²². »

Autrement dit, il se pourrait que l'avenir appartienne aux gens qui sauront le mieux s'associer et collaborer avec des ordinateurs.

Sur un mode similaire, IBM décida que le meilleur emploi de Watson, l'ordinateur qui jouait à *Jeopardy!*, consisterait à collaborer avec les humains au lieu d'essayer de les dépasser. Un projet impliquait d'utiliser la machine pour travailler en association avec des médecins sur des plans de traitement du cancer. « Le défi *Jeopardy!* opposait l'homme à la machine, dit John Kelly de chez IBM. Avec Watson et la médecine, l'homme et la machine relèvent ensemble un défi – et vont ainsi au-delà de ce que l'un ou l'autre pourrait faire isolément²³. » Le système Watson a mémorisé plus de deux millions de pages de revues médicales et six cent mille résultats cliniques ; il peut faire des recherches sur un million et demi de dossiers médicaux. Lorsqu'un médecin entrait les symptômes et les informations vitales d'un patient, l'ordinateur fournissait une liste de recommandations classées selon le degré de confiance qu'il leur accordait²⁴.

L'équipe IBM se rendit compte que, pour être efficace, la machine avait besoin d'interagir avec des médecins humains d'une manière qui rende la collaboration agréable. David McQueeney, vice-président du logiciel à la division Recherche, raconte qu'il a programmé une humilité simulée dans la machine : « Au début, nous avons eu des cas de praticiens soupçonneux qui faisaient de la résistance en disant : “Je suis habilité à exercer la médecine, ce n'est pas un ordinateur qui va me dire ce que je dois faire.” Nous avons donc reprogrammé le

système pour qu'il introduise une impression d'humilité dans la machine et dise : « Ici vous avez la probabilité en pourcentage que cela puisse vous être utile, et là vous pouvez chercher par vous-même. » » Les médecins furent enchantés et dirent qu'ils avaient l'impression d'une conversation avec un collègue compétent. « Notre but, dit McQueeney, c'est de combiner des talents humains, tels que l'intuition, aux forces de la machine, comme sa capacité infinie à gérer des données. Cette combinaison est magique, car chacun des deux partenaires offre un élément que l'autre ne possède pas²⁵. »

C'était là l'un des aspects de Watson qui impressionnèrent Ginni Rometty, une ingénieure avec une formation en intelligence artificielle qui devint directrice générale d'IBM au début de l'année 2012 : « J'ai vu comment Watson interagissait d'une manière collégiale avec les médecins. C'était la preuve la plus claire que les machines peuvent être de véritables partenaires pour les humains au lieu d'essayer de les remplacer. J'ai des idées très arrêtées là-dessus²⁶. » Elle fut tellement impressionnée qu'elle décida de créer une nouvelle division IBM centrée sur Watson, qui reçut un investissement d'un milliard de dollars et un nouveau siège dans la zone « Silicon Valley » en bordure de Greenwich Village à Manhattan. Sa mission était de commercialiser « l'informatique cognitive », c'est-à-dire des systèmes informatiques qui peuvent porter l'analyse des données à un niveau supérieur en s'apprenant eux-mêmes à compléter les aptitudes pensantes du cerveau humain. Au lieu de donner à la nouvelle division un nom technique, Ginni Rometty l'appela simplement Watson. C'était en l'honneur de Thomas Watson Sr, le fondateur d'IBM qui dirigea la société pendant plus de quarante ans, mais ce nom évoquait aussi le compagnon de Sherlock Holmes, le Dr John Watson (« Élémentaire, mon cher Watson ») et Thomas Watson, l'assistant d'Alexander Graham Bell (« Venez ici, je veux vous voir »). Ainsi ce nom suggérait-il que Watson l'ordinateur devait être considéré comme un collaborateur et un compagnon, et non comme une menace à l'instar du HAL de 2001.

Watson était le signe avant-coureur d'une troisième vague informatique, celle qui estomperait la frontière entre l'intelligence humaine augmentée et l'intelligence artificielle. « La première génération d'ordinateurs était des machines qui comptaient et classaient », dit Ginni Rometty en évoquant les origines d'IBM dans les tabulatrices à cartes perforées d'Herman Hollerith utilisées pour le recensement de 1890. « La deuxième génération impliquait des machines programmables utilisant l'architecture de von Neumann. Il fallait leur dire ce qu'elles avaient à faire. » Avec Ada Lovelace comme

pionnière, des gens écrivaient des algorithmes fournissant à ces ordinateurs des instructions pas à pas qui leur permettaient d'accomplir des tâches. « Vu la prolifération des données, ajoute Ginni Rometty, il n'y a pas d'autre choix qu'une troisième génération, dont les systèmes ne sont pas programmés – ils apprennent²⁷. »

Mais au moment même où cela se produit, le processus pourrait rester au stade du partenariat et de la symbiose avec les humains plutôt qu'un processus conçu pour reléguer les humains à la poubelle de l'Histoire. Larry Norton, spécialiste du cancer du sein au centre oncologique Sloan-Kettering de New York, a fait partie de l'équipe qui a travaillé avec Watson : « L'informatique va évoluer rapidement, et la médecine évoluera avec elle. C'est la coévolution. Nous nous entraiderons²⁸. »

Cette conviction que les machines et les humains deviendront plus intelligents ensemble est un processus que Doug Engelbart désignait par « autoamorçage » (*bootstrapping*) et « coévolution²⁹ ». Elle présente une perspective intéressante : quelle que soit la vitesse à laquelle les ordinateurs progresseront, il se peut que l'intelligence artificielle ne dépasse jamais l'intelligence du partenariat humain-machine.

Supposons par exemple qu'un jour une machine présente toutes les capacités mentales d'un humain : donner l'impression de reconnaître des schémas, percevoir des émotions, apprécier la beauté, créer de l'art, avoir des désirs, former des valeurs morales et poursuivre des objectifs. Pareille machine pourrait peut-être réussir un test de Turing. Il se pourrait qu'elle réussisse aussi ce que nous pourrions appeler le test Ada : elle pourrait donner l'impression de « générer » ses propres pensées au-delà de ce pour quoi les humains l'ont programmée.

Il y aurait toutefois encore un obstacle à franchir avant que nous puissions dire que l'intelligence artificielle a triomphé de l'intelligence augmentée. Nous pouvons l'appeler le test Licklider. Il dépasserait la question de savoir si une machine pourrait reproduire à l'identique toutes les composantes de l'intelligence humaine pour demander si la machine accomplit mieux ces tâches quand elle fonctionne tranquillement d'une manière complètement autonome, ou quand elle travaille conjointement avec des humains. En d'autres termes, est-il possible que des humains et des machines travaillant en association demeurent indéfiniment plus puissants qu'une machine à intelligence artificielle travaillant seule ?

Si c'est le cas, alors la « symbiose homme-ordinateur », comme l'appelait Licklider, continuera de triompher. L'intelligence artificielle ne doit pas être le Saint Graal de l'informatique. Au lieu de quoi l'objectif pourrait être de trouver des manières d'optimiser la

collaboration entre les potentiels humain et machinique – de forger un partenariat dans lequel nous laissons les machines faire ce qu’elles savent le mieux faire, et où elles nous laissent faire ce que nous savons le mieux faire.

Les leçons de ce voyage

Comme toutes les narrations historiques, l’histoire des innovations qui ont créé l’ère numérique a de nombreux fils conducteurs. Alors, quelles leçons, outre le pouvoir de la symbiose humain-machine abordée ci-dessus, pourrait-on tirer de ce récit ?

La toute première est que la créativité est un processus collaboratif. L’innovation provient plus souvent d’un travail d’équipe que de moments où l’ampoule s’allume dans la tête de génies solitaires. C’est vrai pour toutes les époques riches en ferments créatifs. La révolution scientifique, le siècle des Lumières et la Révolution industrielle ont tous eu leurs institutions facilitant le travail collaboratif et leurs réseaux pour partager des idées. Mais, à un degré encore plus grand, ce fut le cas de l’ère numérique – et ça l’est encore. Si brillants soient-ils, les nombreux inventeurs d’Internet ont réussi la plupart de leurs percées grâce au travail d’équipe. Comme Robert Noyce, certains des meilleurs d’entre eux avaient tendance à ressembler à des pasteurs congrégationalistes plutôt qu’à des prophètes dans le désert, à des chanteurs de madrigaux plutôt qu’à des solistes.

Twitter, par exemple, fut inventé par une équipe de gens qui étaient collaboratifs, mais aussi très querelleurs. Lorsque l’un des cofondateurs, Jack Dorsey, commença à accumuler les honneurs dans les interviews des divers médias, un autre cofondateur, Evan Williams, un entrepreneur en série qui avait précédemment créé Blogger, lui dit de se calmer, si l’on en croit Nick Bilton du *New York Times*. « Mais j’ai inventé Twitter », dit Dorsey.

— Non, tu n’as pas inventé Twitter, répliqua Williams. Je n’ai pas inventé Twitter moi non plus, et Biz [Isaac Stone, un autre cofondateur] non plus. Les gens n’inventent pas des trucs sur Internet. Ils développent simplement une idée qui existe déjà³⁰. »

Et là réside une autre leçon : l’ère numérique peut paraître révolutionnaire, mais elle était fondée sur le développement d’idées transmises par les générations précédentes. La collaboration ne se faisait pas seulement entre contemporains, mais aussi entre générations. Les meilleurs innovateurs furent ceux qui appréhendèrent la trajectoire du changement technologique et prirent le relais des innovateurs qui les avaient précédés. Steve Jobs a prolongé les travaux

d'Alan Kay, qui a prolongé ceux de Doug Engelbart, qui a prolongé ceux de J. C. R. Licklider et de Vannevar Bush. Lorsque Howard Aiken conçut son ordinateur numérique, il s'inspira d'un fragment de la machine à différences de Babbage découvert sur place à Harvard, et il obligea les membres de son équipage à lire les « Notes » d'Ada Lovelace.

Les équipes les plus productives furent celles qui rassemblèrent des gens présentant une large gamme de spécialités. Les laboratoires Bell en sont un exemple classique. Dans les longs couloirs de cet établissement dans une banlieue verte du New Jersey, on rencontrait des physiciens théoriciens, des expérimentateurs, des chercheurs en sciences des matériaux, quelques hommes d'affaires et même quelques monteuses de lignes avec de la graisse sous les ongles. Walter Brattain, un expérimentateur, et John Bardeen, un théoricien, se partageaient un bureau comme un librettiste et un compositeur assis côte à côte devant un piano, de façon à pouvoir enchaîner toute la journée questions et réponses pour mettre au point ce qui deviendrait le premier transistor.

Même si Internet a fourni un outil pour des collaborations virtuelles et éloignées, une autre leçon de l'innovation à l'ère numérique est que, maintenant comme par le passé, la proximité physique est bénéfique. Il y a quelque chose de particulier, comme on le voit aux laboratoires Bell, dans les rencontres en chair et en os qu'on ne peut reproduire numériquement. Les fondateurs d'Intel créèrent un vaste espace de travail collaboratif où tout le monde se côtoyait, depuis Robert Noyce jusqu'aux employés subalternes. Ce fut un modèle qui se généralisa à Silicon Valley. Les prédictions d'après lesquelles les outils numériques déboucheraient sur le télétravail ne se réalisèrent jamais complètement. L'un des premiers gestes de Marissa Mayer en tant que directrice générale de Yahoo! fut de décourager la pratique du télétravail à domicile, en soulignant avec raison que « les gens collaborent mieux et sont plus innovateurs quand ils sont ensemble ». Lorsque Steve Jobs conçut les plans d'un nouveau siège pour Pixar, il étudia de manière obsessionnelle les manières de configurer l'atrium et même l'emplacement des toilettes, de façon à favoriser des rencontres personnelles imprévues. L'une de ses dernières créations fut le plan caractéristique du nouveau siège d'Apple, en forme de cercle avec des anneaux d'espaces de travail non cloisonnés entourant une cour centrale.

Tout au long de l'Histoire, la meilleure aptitude à diriger a été l'apanage d'équipes combinant des gens aux styles complémentaires. Tel fut le cas de la fondation des États-Unis. On trouve parmi les dirigeants une icône de rectitude, George Washington, de brillants

penseurs comme Thomas Jefferson et James Madison, des visionnaires et des passionnés, notamment Samuel et John Adams, et un sage conciliateur, Benjamin Franklin. De même, les fondateurs d'ARPANET comprenaient des visionnaires comme Licklider, des ingénieurs décideurs comme Larry Roberts, des manipulateurs politiquement habiles comme Bob Taylor, et des équipiers collaboratifs tels que Steve Crocker et Vinton Cerf.

Un autre secret de la formation d'une bonne équipe est l'appariement de visionnaires, qui peuvent générer des idées, avec des gestionnaires, qui peuvent les mettre en application. « Des visions sans applications sont des hallucinations³¹. » Robert Noyce et Gordon Moore étaient deux visionnaires, il était donc important que la première personne qu'ils aient recrutée chez Intel soit Andy Grove, qui savait comment imposer des procédures de gestion strictes, forcer les collaborateurs à ne pas dévier des objectifs, et faire tourner l'entreprise.

Des visionnaires privés de cette ambiance collégiale, la postérité ne retiendra souvent qu'une note de bas de page. Un débat historique se poursuit sur la question de savoir qui mérite le plus d'être considéré comme l'inventeur du calculateur électronique numérique : John Atanasoff, un professeur qui travaillait pratiquement seul à l'université d'État de l'Iowa, ou l'équipe conduite par John Mauchly et Presper Eckert à l'université de Pennsylvanie ? Dans le présent ouvrage, j'attribue plus de mérite aux seconds, d'abord parce qu'ils réussirent à construire une machine, l'ENIAC, qui fonctionnait et résolvait des problèmes. Ils y parvinrent avec le concours de dizaines d'ingénieurs et de mécaniciens plus une brigade de femmes chargées de la programmation. La machine d'Atanasoff, en revanche, ne marcha jamais vraiment, en partie faute d'une équipe pour aider son créateur à trouver comment faire fonctionner son graveur thermique de cartes perforées. La machine fut reléguée dans un sous-sol, puis mise au rebut quand personne ne put se rappeler exactement à quoi elle servait.

Comme l'ordinateur, ARPANET et Internet ont été conçus par des équipes collaboratives. Les décisions furent prises au travers d'un processus initié par un étudiant de troisième cycle respectueux qui diffusait des propositions sous forme de « Demandes de commentaire ». Ce qui conduisit à un réseau maillé à commutation de paquets sans autorité centrale ni plaque tournante, dans lequel le pouvoir était entièrement délocalisé sur chacun des points nodaux, tous ayant la capacité de créer et de partager du contenu et de circonvenir les tentatives d'imposition d'un contrôle. C'est ainsi qu'un processus collaboratif a produit un système conçu pour faciliter la

collaboration. Internet portait la marque de ses créateurs.

Internet a facilité la collaboration non seulement à l'intérieur d'équipes, mais aussi entre des foules de gens qui ne se connaissaient pas. Des réseaux collaboratifs existaient depuis que les Perses et les Assyriens avaient inventé le système postal. Mais il n'a jamais été facile de solliciter et de collationner des contributions issues de milliers ou de millions de collaborateurs inconnus. Ce qui conduisit à des systèmes innovants – les classements de pages de Google, les articles de Wikipedia, le navigateur Firefox, le logiciel GNU/Linux –, fondés sur la sagesse collective des foules.

À l'ère numérique, les équipes furent constituées de trois manières. Il y avait d'abord le financement et la coordination gouvernementaux. C'est ainsi que furent organisés les groupes qui construisirent les ordinateurs (Colossus, ENIAC) et les réseaux (ARPANET) originels. Ce qui reflétait le consensus, plus fort dans les lointaines années 1950 sous la présidence Eisenhower, voulant que le gouvernement entreprenne des projets, tels que le programme spatial et les autoroutes, qui profitaient au bien commun. Il le fit souvent en collaboration avec les universités et le secteur privé, à l'intérieur du triangle gouvernement-université-industrie encouragé par, entre autres, Vannevar Bush. Des bureaucrates fédéraux talentueux (ce qui n'est pas toujours un oxymore) tels que Licklider, Taylor et Roberts supervisèrent les programmes et leur allouèrent des fonds publics.

L'entreprise privée fut une autre manière de former des équipes collaboratives. Cela se passa dans les centres de recherche de grandes sociétés, comme les laboratoires Bell et le Xerox PARC, et dans des sociétés fondées par de nouveaux entrepreneurs, telles que Texas Instruments et Intel, Atari et Google, Microsoft et Apple. L'une des principales motivations était le profit, à la fois comme récompense pour les protagonistes et comme moyen d'attirer les investisseurs. Ce qui exigeait une attitude possessive (dite « propriétaire ») envers l'innovation, qui conduisit à des brevets et à des mesures de protection de la propriété intellectuelle. Les théoriciens du numérique et les hackers ont souvent méprisé cette démarche, mais un système fondé sur l'entreprise privée et récompensant financièrement l'invention a été l'une des composantes du mouvement qui a conduit à des innovations stupéfiantes dans le domaine des transistors, des circuits intégrés, des ordinateurs, des téléphones, des périphériques et des services en ligne.

Tout au long de l'Histoire, il y a eu une troisième façon, en plus de l'action gouvernementale et du secteur privé, d'organiser la créativité

collaborative : via des pairs partageant librement des idées et apportant leur contribution dans le cadre d'une entreprise bénévole commune. Bien des avancées qui créèrent Internet et ses services se sont concrétisées de cette façon, qualifiée par le juriste de Harvard Yochai Benkler de « production par les pairs fondée sur un terrain commun³² ». Internet a permis à ce type de collaboration de se pratiquer à une bien plus grande échelle qu'auparavant. L'édification de Wikipedia et du Web en étaient de bons exemples, de même que la création de logiciels libres et gratuits en open source tels que Linux et GNU, OpenOffice et Firefox. Comme le fait remarquer le chroniqueur technologique Steven Johnson, « leur architecture ouverte permet à d'autres de bâtir plus facilement sur des idées existantes, tout comme Berners-Lee a bâti le Web par-dessus Internet³³ ». Cette production collaborative par des réseaux de pairs n'était pas impulsée par des incitations commerciales, mais par d'autres formes de récompense et de satisfaction.

Les valeurs du partage collaboratif et l'entreprise privée entrent souvent en conflit, surtout quand il s'agit de définir jusqu'à quel point les innovations devraient être protégées par des brevets. L'esprit collaboratif a ses racines dans l'éthique hacker émanant du Tech Model Railroad Club du MIT et du Homebrew Computer Club. Steve Wozniak en était l'illustration. Il se rendait à des réunions du Homebrew Club pour exhiber les circuits d'ordinateur qu'il avait construits, et il en distribuait gratuitement les schémas afin que d'autres puissent les utiliser et les améliorer. Mais son voisin Steve Jobs, qui se mit à l'accompagner à ces réunions, le convainquit qu'ils devraient cesser de partager leur invention et, au contraire, la mettre en production et la vendre. Ainsi naquit la société Apple, et depuis quarante ans elle est en première ligne dans une politique agressive de brevets qui lui permet de rentabiliser ses innovations. Les instincts des deux Steve ont été utiles dans la création de l'ère numérique. L'innovation est la plus remuante dans les domaines où s'affrontent systèmes en open source et systèmes propriétaires.

D'aucuns préconisent parfois l'un de ces modes de production au détriment des autres en invoquant des justifications idéologiques. Ils préfèrent une plus grande implication du gouvernement, ou alors ils exaltent l'entreprise privée, ou idéalisent le partage collaboratif. Lors des élections de 2012, le président Barack Obama suscita une controverse en disant aux gens qui possédaient des entreprises : « Vous n'avez pas fait ça tout seul. » Ses critiques virent là un dénigrement du rôle de l'entreprise privée. Obama voulait dire que toute entreprise profite du soutien du gouvernement et de la communauté collaborative : « Si vous avez réussi, c'est que quelqu'un, quelque part,

vous avait aidé. Il y avait eu un grand enseignant à un point quelconque de votre vie. Quelqu'un a contribué à créer l'incroyable système américain que nous avons et qui vous a permis de prospérer. Quelqu'un a investi dans les routes et les ponts. » Ce n'était pas la manière la plus élégante de dissiper le fantasme qu'il était un crypto-communiste, mais cela allait dans le sens d'une leçon d'économie moderne qui s'applique à l'innovation numérique : une combinaison de toutes ces manières d'organiser la production – au travers du gouvernement, du marché, du partage collaboratif – est plus performante que le recours exclusif à une seule.

Rien de cela n'est nouveau. Babbage obtint la majeure partie de son financement du gouvernement britannique, qui se montrait généreux en soutenant ainsi une recherche qui pouvait renforcer son économie et son empire. Il adopta des idées venant de l'industrie privée, au premier chef les cartes perforées développées par les firmes textiles pour les métiers à tisser automatisés. Ses amis et lui étaient les fondateurs d'une poignée de nouveaux clubs reposant sur les réseaux de collègues, dont l'Association britannique pour l'avancement de la science, et bien qu'il paraisse exagéré de voir dans cette vénérable institution le précurseur en costumes d'époque du Homebrew Computer Club, ils existaient tous les deux pour faciliter « la collaboration des pairs sur un terrain commun » et le partage des idées.

Les projets les plus réussis de l'ère numérique furent ceux menés par des chefs d'entreprise qui encouragèrent la collaboration tout en imposant également une vision claire des objectifs. Trop souvent, ces traits sont considérés comme antagonistes : un chef est soit concentré sur la réussite, soit un visionnaire passionné. Mais les meilleurs combinent les deux. Robert Noyce en était un bon exemple. Gordon Moore et lui ont fait progresser Intel avec leur définition précise de l'objectif visé par la technologie des semi-conducteurs, et ils avaient tous les deux – et jusqu'à l'excès – l'esprit collégial et anti-autoritaire. Même Steve Jobs et Bill Gates, malgré toute leur ombrageuse intensité, savaient comment rassembler autour d'eux des équipes performantes et inspirer leur loyauté.

Des individus brillants incapables de collaborer avaient tendance à échouer. Shockley Semiconductor se désintégra. De même, des groupes collaboratifs dépourvus de visionnaires passionnés et énergiques échouèrent aussi. Après l'invention du transistor, les laboratoires Bell partirent à la dérive. Il en fut de même pour Apple après l'éviction de Jobs en 1985.

La plupart des innovateurs et entrepreneurs couronnés de succès qui figurent dans le présent ouvrage avaient un point commun : ils travaillaient sur le produit. Ils avaient une compréhension profonde de l'ingénierie, de la conception et du design. Ils n'étaient pas à la base des gens du marketing, des vendeurs ou des financiers ; quand pareils personnages se retrouvaient à la tête d'entreprises, c'était souvent au détriment de l'innovation durable. « Quand les mecs des ventes dirigent la boîte, les mecs du produit ne comptent plus tellement, et il y en a pas mal qui décrochent », disait Jobs. Larry Page pensait de même : « Les meilleurs chefs d'entreprise sont ceux qui ont la compréhension la plus profonde de l'ingénierie et de la conception du produit³⁴. »

Une autre leçon de l'ère numérique est aussi vieille qu'Aristote : « L'homme est un animal social. » Sinon, comment expliquer la radio amateur, la CB ou leurs successeurs, tels que WhatsApp et Twitter ? Presque tous les outils numériques, qu'ils soient ou non conçus à cette fin, ont été réquisitionnés par les humains dans un but social : pour créer des communautés, faciliter la communication, collaborer à des projets et permettre le réseautage social. Même l'ordinateur individuel, accueilli à l'origine comme un outil pour la créativité personnelle, a conduit irrésistiblement à l'essor des modems, des services en ligne et, finalement, de Facebook, Flickr et Foursquare.

Les machines, en revanche, ne sont pas des animaux sociaux. Elles ne rejoignent pas Facebook de leur propre gré ni ne cherchent de la compagnie pour elle-même. Lorsqu'Alan Turing affirma qu'un jour les machines se comporteraient comme des humains, ses critiques répliquèrent qu'elles ne pourraient jamais montrer de l'affection ni rechercher une relation intime. Pour faire plaisir à Turing, peut-être pourrions-nous programmer une machine pour qu'elle simule l'affection et feigne de rechercher une relation intime, tout comme les humains le font quelquefois. Mais Turing, et surtout lui, détecterait probablement la différence.

D'après la deuxième partie de la citation d'Aristote, la nature non sociale des ordinateurs suggère qu'ils sont « soit une bête soit un dieu ». En réalité, ils ne sont ni l'un ni l'autre. Malgré toutes les proclamations des ingénieurs en intelligence artificielle et sociologues d'Internet, les outils numériques n'ont ni personnalité, ni intentions, ni désirs. Ils sont ce que nous faisons d'eux.

La leçon durable d'Ada : la science poétique

Tout cela nous conduit à une ultime leçon qui nous ramène à Ada

Lovelace. Comme elle l'a fait remarquer, dans notre symbiose avec les machines, nous autres humains avons apporté un élément crucial à ce partenariat : la créativité. L'histoire de l'ère numérique – de Bush à Licklider et d'Engelbart à Jobs, de SAGE à Google et de Wikipedia à Watson – a renforcé cette idée. Et tant que nous demeurerons une espèce créative, cela restera vraisemblablement vrai. « Les machines seront plus rationnelles et analytiques, dit John Kelly, directeur de la recherche chez IBM. Les humains fourniront le jugement, l'intuition, l'empathie, une boussole morale et la créativité humaine³⁵. »

Si nous, les humains, pouvons rester pertinents à l'ère de l'informatique cognitive, c'est que nous pouvons penser différemment, aptitude qu'un algorithme, presque par définition, ne peut maîtriser. Nous possédons une imagination qui, comme l'écrivait Ada, « rassemble des choses, des faits, des idées, des conceptions en des combinaisons nouvelles, originales, infinies, sans cesse changeantes ». Nous discernons motifs et schémas et apprécions leur beauté. Nous tissons l'information en récits. Nous sommes des animaux sociaux, mais aussi des narrateurs.

La créativité humaine implique des valeurs, des intentions, des jugements esthétiques, des émotions, une conscience personnelle et un sens moral. C'est ce que nous enseignent les arts et les lettres – et c'est pourquoi ces domaines sont des éléments de notre instruction aussi précieux que la science, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques. Si nous autres mortels devons défendre notre côté de la symbiose humain-ordinateur, si nous devons conserver un rôle de partenaires créatifs de nos machines, il nous faut continuer d'alimenter les sources de notre imagination, de notre originalité, de notre humanité. C'est ce que nous apportons en partage.

Steve Jobs concluait ses lancements de produit par une diapositive projetée sur l'écran derrière lui et montrant les panneaux indicateurs de l'intersection entre les sciences humaines et la technologie. Lors de sa dernière apparition, pour présenter l'iPad 2 en 2011, il se plaça devant cette image et déclara : « Il est inscrit dans les gènes d'Apple que la technologie seule ne suffit pas – que c'est la technologie mariée aux sciences humaines, mariée aux humanités, qui produit le résultat qui fait chanter notre cœur. » C'est ce qui fit de lui le plus créatif des innovateurs technologiques de notre époque.

L'inverse de cet hymne aux humanités est toutefois vrai lui aussi. Les gens qui aiment les beaux-arts et les sciences humaines devraient essayer d'apprécier comme Ada les beautés des maths et de la physique. Faute de quoi ils ne seront plus que des passants échoués à l'intersection des lettres et des sciences, là où se produit l'essentiel de

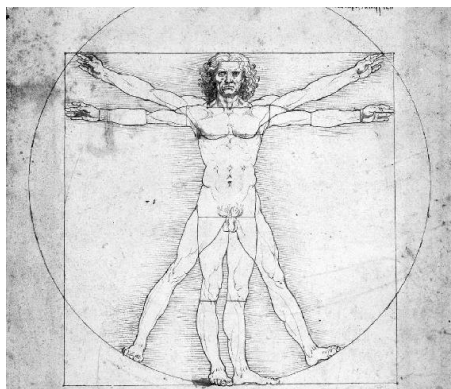
la créativité de l'ère numérique. Ils abandonneront le contrôle de ce territoire aux ingénieurs.

Bien des gens qui célèbrent les lettres et les sciences humaines et applaudissent vigoureusement les témoignages de leur importance dans nos écoles proclament sans vergogne (et parfois même en plaisantant) qu'ils ne comprennent pas les maths ou la physique. Ils portent aux nues les vertus de l'apprentissage du latin, mais ils sont perdus dès qu'il s'agit d'écrire un simple algorithme ou de distinguer le BASIC de C++, Python de Pascal. Ils traitent de béotiens les gens qui confondent *Hamlet* et *Macbeth*, mais peuvent allègrement avouer qu'ils ne savent pas la différence entre un gène et un chromosome, un transistor et un condensateur, une équation intégrale et une équation différentielle. Ces concepts peuvent paraître difficiles. Certes, mais *Hamlet* l'est aussi. Et, comme *Hamlet*, chacun de ces concepts a sa beauté. Telle une élégante équation mathématique, ils sont l'expression des splendeurs de l'univers.

Le scientifique, romancier et haut fonctionnaire britannique C. P. Snow avait raison quand il soulignait le besoin de respecter en même temps « les deux cultures » – les sciences et les humanités. Mais la manière dont elles se croisent est plus importante aujourd'hui. Ceux qui ont contribué à guider la révolution technologique étaient des gens qui pouvaient combiner les sciences et les humanités, comme Ada. Elle tenait de son père la tendance poétique et de sa mère la tendance mathématique de sa personnalité, ce qui lui inspira l'amour de qu'elle appelait la « science poétique ». Son père défendit les luddites qui brisaient les métiers à tisser mécaniques, mais Ada aimait les cartes perforées qui ordonnaient à ces métiers de tisser de si beaux motifs, et elle imagina comment cette prodigieuse combinaison de l'art et de la technologie pourrait se manifester dans les calculateurs.

La prochaine phase de la révolution numérique apportera encore plus de nouvelles méthodes pour marier la technologie aux industries créatives telles que les médias, la mode, la musique, le divertissement, l'enseignement, la littérature et les arts. Une bonne partie du premier round de l'innovation a consisté à habiller de vieux contenus – les livres, la presse, les éditoriaux, les revues scientifiques, les chansons, les émissions de télévision et les films –, sous des couvertures numériques toutes neuves. Mais, de plus en plus, des plates-formes, services et réseaux sociaux nouveaux offrent des possibilités inédites à l'imagination individuelle et à la créativité collaborative. Les jeux de rôle et le théâtre interactif fusionnent avec des formes collaboratives de narration et de réalités augmentées. Cette interaction entre la technologie et les arts finira par produire des formes d'expression et des formats médiatiques totalement nouveaux.

Cette innovation viendra de gens capables d'associer la beauté à l'ingénierie, l'humanisme à la technologie et la poésie aux processeurs. Autrement dit, elle viendra des héritiers spirituels d'Ada Lovelace, de créateurs aptes à s'épanouir là où les arts et lettres rencontrent les sciences, et dotés d'un sens de l'émerveillement rebelle ouvert à la beauté des uns et des autres.



*1. Un neurone est une cellule nerveuse qui émet des informations sous forme de signaux électriques ou chimiques. Une synapse est une structure ou une voie qui transmet un signal d'un neurone à un autre neurone ou une autre cellule.

Remerciements

Je veux remercier ici tous ceux et toutes celles qui m'ont accordé des entretiens et fourni des informations, notamment Bob Albrecht, Al Alcorn, Marc Andreessen, Tim Berners-Lee, Stewart Brand, Dan Bricklin, Larry Brilliant, John Seeley Brown, Nolan Bushnell, Jean Case, Steve Case, Vint Cerf, Wes Clark, Steve Crocker, Lee Felsenstein, Bob Frankston, Bob Kahn, Alan Kay, Bill Gates, Al Gore, Andy Grove, Justin Hall, Bill Joy, Jim Kimsey, Leonard Kleinrock, Tracy Licklider, Liza Loop, David McQueeney, Gordon Moore, John Negroponte, Larry Page, Howard Rheingold, Larry Roberts, Arthur Rock, Virginia Rometty, Ben Rosen, Steve Russell, Eric Schmidt, Bob Taylor, Paul Terrell, Jimmy Wales, Evan Williams et Steve Wozniak. Je suis aussi reconnaissant envers les gens qui m'ont prodigué de judicieux conseils pendant la rédaction du présent ouvrage, notamment Ken Auletta, Larry Cohen, David Derbes, John Doerr, John Hollar, John Markoff, Lynda Resnick, Joe Zeff et Michael Moritz.

Rahul Mehta à l'université de Chicago et Danny Z. Wilson à Harvard ont lu une des premières versions afin de corriger d'éventuelles erreurs dans les domaines des mathématiques ou de l'ingénierie ; j'en ai sans doute introduit quelques-unes quand ils avaient le dos tourné, alors il ne faudrait pas leur reprocher d'éventuels écarts. Je suis particulièrement reconnaissant envers Strobe Talbott, qui a lu un brouillon et l'a abondamment commenté. Il a fait de même pour tous les ouvrages que j'ai écrits, et ce depuis *The Wise Men* en 1986, et j'ai conservé toutes ses notes détaillées sur chaque livre comme témoignage de sa sagesse et de sa générosité.

En outre, j'ai essayé quelque chose de différent pour cet ouvrage : des suggestions et des corrections en *crowdsourcing* sur de nombreux chapitres. Ce n'est pas nouveau. La diffusion d'articles aux fins de commentaire est l'une des raisons pour lesquelles la Royal Society a

été créée à Londres en 1660 et la raison pour laquelle Benjamin Franklin a fondé la Société philosophique américaine. Chez *Time*, nous avions l'habitude d'envoyer des ébauches d'articles à tous les bureaux pour solliciter leurs « commentaires et corrections », et c'était très utile. Par le passé, j'ai communiqué des parties de mes brouillons à des dizaines de personnes de ma connaissance. Internet me permettait de solliciter commentaires et corrections de la part de milliers de personnes que je ne connaissais pas.

Ce qui semblait approprié, le désir de faciliter le processus collaboratif étant l'une des raisons de la création d'Internet. Une nuit que j'étais en train d'écrire là-dessus, je me suis rendu compte que je devrais essayer de me servir d'Internet dans cette optique originelle. Cela pourrait, espérais-je, à la fois améliorer mes premiers jets et me permettre de mieux comprendre comment les outils actuels fondés sur Internet (comparés à Usenet et aux vieux systèmes de services télématiques) facilitent la collaboration.

J'ai tenté l'expérience avec de nombreux sites Internet. Le meilleur s'avéra être Medium.com, inventé par Ev Williams – un personnage du présent ouvrage. Un extrait du livre a été lu par 18 200 personnes dans sa première semaine de mise en ligne. Ce qui représente environ 18 170 lecteurs de brouillon de plus que d'habitude. Des dizaines de lecteurs ont affiché des commentaires, et des centaines m'ont envoyé des courriels. Ce qui a conduit à de nombreuses modifications et additions et même à une section entièrement inédite (sur Dan Bricklin et son VisiCalc). Je remercie ces centaines de collaborateurs qui m'ont aidé dans ce processus de production participative. J'ai même fini par en connaître quelques-uns. (À propos, j'espère qu'on inventera bientôt un croisement entre un livre électronique enrichi et un *wiki*, de façon que puissent émerger de nouvelles formes d'histoires multimédias qui associent un auteur et le *crowdsourcing*.)

Je veux aussi remercier Alice Mayhew et Amanda Urban, mes éditrice et agent littéraire depuis trente ans, et l'équipe de Simon & Schuster : Carolyn Reidy, Jonathan Karp, Jonathan Cox, Julia Prosser, Jackie Seow, Irene Kheradi, Judith Hoover, Ruth Lee-Mui et Jonathan Evans. À l'institut Aspen, je reconnais ma dette envers de nombreuses personnes, dont Pat Zindulka et Leah Bitounis. J'ai aussi la chance d'avoir dans ma famille trois générations disposées à lire et à commenter les premières versions de ce livre : mon père, Irwin (ingénieur en électricité), mon frère, Lee (consultant en informatique), et ma fille Betsy (chroniqueuse technologique, qui m'a fait découvrir Ada Lovelace). Par-dessus tout, je suis reconnaissant envers ma femme, Cathy, la lectrice la plus sage et la personne la plus tendre que j'aie jamais connue.

Notes

Introduction

1. Henry Kissinger, briefing contextuel à l'usage des journalistes, 15 janvier 1974, d'après un dossier des archives de *Time*.

2. Steven Shapin, *The Scientific Revolution* (University of Chicago Press, 1996), p. 1, 5.

1. Ada, comtesse Lovelace

1. Lettre de lady Byron à Mary King, 13 mai 1833. Les lettres de la famille Byron, y compris la correspondance d'Ada, sont conservées à la Bibliothèque bodléienne de l'université d'Oxford. On trouvera des transcriptions des lettres d'Ada dans Betty Toole, *Ada, the Enchantress of Numbers : A Selection from the Letters* (Strawberry, 1992) et dans Doris Langley Moore, *Ada, Countess of Lovelace* (John Murray, 1977). Outre les sources citées ci-dessous, cette section s'appuie aussi sur Joan Baum, *The Calculating Passion of Ada Byron* (Archon, 1986) ; William Gibson & Bruce Sterling, *The Difference Engine* (Bantam, 1991 – en français *La Machine à différences*, Paris : Laffont, 1997, trad. Bernard Sigaud, rééd. (Livre de poche, 2001) avec préface de Gérard Klein) ; Dorothy Stein, *Ada* (MIT Press, 1985) ; Doron Swade, *The Difference Engine* (Viking, 2001) ; Betty Toole, *Ada : Prophet of the Computer Age* (Strawberry, 1998) ; Benjamin Wooley, *The Bride of Science* (Macmillan, 1999) ; Jeremy Bernstein, *The Analytical Engine* (Morrow, 1963) ; James Gleick, *The Information* (Pantheon, 2011), ch. 4 en français – *L'information : une histoire, une théorie, un déluge*, Paris : Vuibert, 2015. Sauf mention contraire, les citations des lettres d'Ada se fondent sur la transcription de Betty Toole.

Les écrits sur Ada Lovelace oscillent entre les extrêmes de la canonisation et de la démystification. Les ouvrages qui lui sont les plus favorables sont ceux de Betty Toole, Benjamin Wooley et Joan Baum ; le plus érudit et le plus équilibré est celui de Dorothy Stein. Pour une démystification d'Ada Lovelace, voir Bruce Collier, « The Little Engines That Could've », thèse de doctorat, Harvard, 1970, <http://robroy.dyndns.info/collier/>. Exemples : « C'était une maniaque-dépressive affectée des illusions les plus stupéfiantes quant à ses talents. [...] Ada travaillait du chapeau et n'a guère plus ajouté aux "Notes" que des ennuis. »

2. Lettre de Lady Byron au Dr William King, 7 juin 1833.

3. Richard Holmes, *The Age of Wonder* (Pantheon, 2008), p. 450.

4. Laura Snyder, *The Philosophical Breakfast Club* (Broadway, 2011), p. 190.

5. Charles Babbage, *The Ninth Bridgewater Treatise* (1837), ch. 2 & 8, http://www.victorianweb.org/science/science_texts/bridgewater/intro.htm ; Snyder, *The Philosophical Breakfast Club*, p. 192.

6. Toole, *Ada, the Enchantress of Numbers*, p. 51.

7. Sophia De Morgan, *Memoir of Augustus De Morgan* (Longmans, 1882), p. 9 ; Stein, *Ada*, p. 41.

8. Holmes, *The Age of Wonder*, p. xvi.
9. Ethel Mayne, *The Life and Letters of Anne Isabella, Lady Noel Byron* (Scribner's, 1929), p. 36 ; Malcolm Elwin, *Lord Byron's Wife* (Murray, 1974), p. 106.
10. Lettre de lord Byron à lady Melbourne, 28 septembre 1812, in John Murray, ed., *Lord Byron's Correspondence* (Scribner's, 1922), p. 88.
11. Stein, *Ada*, p. 14, d'après la biographie de Byron par Thomas Moore, *Letters and Journals of Lord Byron, with Notices of His Life*, fondée sur les journaux intimes de Byron ultérieurement détruits.
12. Woolley, *The Bride of Science*, p. 60.
13. Stein, *Ada*, 16 ; Woolley, *The Bride of Science*, p. 72.
14. Woolley, *The Bride of Science*, p. 92.
15. Woolley, *The Bride of Science*, p. 94.
16. John Galt, *The Life of Lord Byron* (Colburn and Bentley, 1830), p. 316.
17. Lettres d'Ada au Dr William King, 9 mars 1834, du Dr King à Ada, 15 mars 1834 ; Stein, *Ada*, p. 42.
18. Lettre d'Ada au Dr William King, 1^{er} septembre 1834 ; Stein, *Ada*, p. 46.
19. Woolley, *The Bride of Science*, p. 172.
20. Catherine Turney, *Byron's Daughter : A Biography of Elizabeth Medora Leigh* (Readers Union, 1975), p. 160.
21. Velma Huskey & Harry Huskey, « Lady Lovelace and Charles Babbage », *IEEE Annals of the History of Computing*, octobre-décembre 1980.
22. Lettre d'Ada à Charles Babbage, novembre 1839.
23. Lettre d'Ada à Charles Babbage, 30 juillet 1843.
24. Lettre d'Ada à lady Byron, 11 janvier 1841.
25. Toole, *Ada, the Enchantress of Numbers*, p. 136.
26. Lettre d'Ada à lady Byron, 6 février 1841 ; Stein, *Ada*, p. 87.
27. Stein, *Ada*, p. 38. En anglais *The Principles of pure D-ism in opposition to the Dot-age of the University*, avec un calembour qui fait dériver *dotage* – « gâtisme » – de *dot* – « point ». (NdT)
28. Harry Wilmot Buxton & Anthony Hyman, *Memoir of the Life and Labours of the Late Charles Babbage* (vers 1872 ; réimp. Charles Babbage Institute/MIT Press, 1988), p. 46.
29. Martin Campbell Kelly & William Aspray, *Computer : A History of the Information Machine* (Westview, 2009), p. 6.
30. V. Robert Ligonnière, *Préhistoire et histoire des ordinateurs*, Paris : Robert Laffont, 1987, ch. 2, « Babbage et son temps », p. 67-91 ; Anthony Hyman, *Charles Babbage : Pioneer of the Computer*, Oxford : Oxford University Press, 1982, ch. 9, « The Great Engine », p. 125-135. (NdT)
31. Swade, *The Difference Engine*, p. 42 ; Bernstein, *The Analytical Engine*, p. 46 & *passim*.
32. James Essinger, *Jacquard's Web* (Oxford, 2004), p. 23.
33. Lettre d'Ada à Charles Babbage, 16 février 1840.
34. Lettre d'Ada à Charles Babbage, 12 janvier 1841.
35. Charles Babbage, *Passages from the Life of a Philosopher* (Longman Green, 1864), p. 136.
36. Luigi Menabrea, « Sketch of the Analytical Engine, Invented by Charles Babbage », avec

notes sur ce mémoire par la traductrice, Ada, comtesse Lovelace, octobre 1842, <http://www.fourmilab.ch/babbage/sketch.html>.

37. Babbage, *Passages from the Life of a Philosopher*, p. 136 ; John Füegi & Jo Francis, « Lovelace & Babbage and the Creation of the 1843 “Notes” », *Annals of the History of Computing*, octobre 2003.

38. Toutes les citations de Menabrea et des notes d'Ada Lovelace sont tirées de Menabrea, « Sketch of the Analytical Engine ».

39. Lettre de Charles Babbage à Ada, 1843, in Toole, *Ada, the Enchantress of Numbers*, p. 197.

40. Réplique du film *Ada Byron Lovelace : To Dream Tomorrow*, réalisé et produit par John Füegi & Jo Francis (Flare Productions, 2003) ; v. aussi, Füegi & Francis, « Lovelace & Babbage ».

41. Lettre d'Ada à Charles Babbage, 5 juillet 1843.

42. Lettre d'Ada à Charles Babbage, 2 juillet 1843.

43. Lettre d'Ada à Charles Babbage, 6 août 1843 ; Woolley, *The Bride of Science*, p. 278 ; Stein, *Ada*, p. 114.

44. Lettre d'Ada à lady Byron, 8 août 1843.

45. Lettre d'Ada à Charles Babbage, 14 août 1843.

46. Lettre d'Ada à Charles Babbage, 14 août 1843.

47. Lettre d'Ada à Charles Babbage, 14 août 1843.

48. Lettre d'Ada à lady Lovelace, 15 août 1843.

49. Stein, *Ada*, p. 120.

50. Lettre d'Ada à lady Byron, 22 août 1843.

51. Lettre d'Ada à Robert Noel, 9 août 1843.

2. L'ordinateur

1. Andrew Hodges, *Alan Turing : The Enigma* (Simon & Schuster, 1983 ; emplacements de l'édition Kindle dite « du centenaire », 2012), e439 – en français *Alan Turing : le génie qui a décrypté les codes nazis et inventé l'ordinateur*, Paris : Michel Lafon, 2015 ; trad. Nathalie Zimmermann & Sébastien Baert. Outre les sources citées ci-dessous, cette section s'appuie sur : la biographie de Hodges et son site Internet, <http://www.turing.org.uk/> ; correspondance et documents des archives Turing, <http://www.turingarchive.org/> ; David Leavitt, *The Man Who Knew Too Much* (Atlas Books, 2006) – en français *Alan Turing : l'homme qui inventa l'informatique*, Paris : Dunod, 2007 ; trad. Julien Ramonet ; S. Barry Cooper & Jan van Leeuwen, *Alan Turing : His Work and Impact* (Elsevier, 2013) ; Sara Turing, *Alan M. Turing* (Cambridge, 1959 ; emplacements de l'édition Kindle dite « du centenaire », postface de John F. Turing, publiée en 2012) ; Simon Lavington, ed., *Alan Turing and His Contemporaries* (BCS, 2012).

2. John Turing in Sara Turing, *Alan M. Turing*, e146.

3. Hodges, *Alan Turing*, e590.

4. Sara Turing, *Alan M. Turing*, e56.

5. Hodges, *Alan Turing*, e1875.

6. Lettre d'Alan Turing à Sara Turing, 16 février 1930, archives Turing ; Sara Turing, *Alan M. Turing*, 25.

7. Hodges, *Alan Turing*, e2144.

8. Hodges, *Alan Turing*, e2972.
9. Alan Turing, « On Computable Numbers », *Proceedings of the London Mathematical Society*, lus le 12 novembre 1936.
10. Alan Turing, « On Computable Numbers », p. 241.
11. Lettre de Max Newman à Alonzo Church, 31 mai 1936, in Hodges, *Alan Turing*, 3439 ; lettre d'Alan Turing à Sara Turing, 29 mai 1936, archives Turing.
12. Lettres d'Alan Turing à Sara Turing, du 11 et du 22 février 1937, Turing Archive ; Alonzo Church, « Review of A. M. Turing's "On computable numbers" », *Journal of Symbolic Logic*, 1937.
13. Cette section consacrée à Shannon s'appuie sur : Jon Gertner, *The Idea Factory : Bell Labs and the Great Age of American Innovation* (Penguin, 2012 ; emplacements de l'édition Kindle), ch. 7 ; M. Mitchell Waldrop, « Claude Shannon : Reluctant Father of the Digital Age », *MIT Technology Review*, July 2001 ; Graham Collins, « Claude E. Shannon : Founder of Information Theory », *Scientific American*, octobre 2012 ; James Gleick, *The Information* (Pantheon, 2011), ch. 7.
14. Peter Galison, *Image and Logic* (University of Chicago, 1997), p. 781.
15. Claude Shannon, « A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits », *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, décembre 1938. Pour une explication claire, v. Daniel Hillis, *The Pattern on the Stone* (Perseus, 1998), p. 2-10.
16. Paul Ceruzzi, *Reckoners : The Prehistory of the Digital Computer* (Greenwood, 1983), p. 79. V. aussi Computer History Museum, « George Stibitz », <http://www.computerhistory.org/revolution/birth-of-the-computer/4/85>. Pour un dessin du « modèle K », v. Robert Ligonnière, *Préhistoire et histoire des ordinateurs*, Paris : Laffont, 1987, p. 227 (NdT).
17. Howard Aiken, historique oral dirigé par Henry Tropp & I. Bernard Cohen, Smithsonian Institution, février 1973. L'historique oral est une procédure consistant à enregistrer pour la postérité dans un cadre universitaire ou en tout cas institutionnel l'interview d'une personnalité qui en contresignera la transcription. (NdT)
18. Howard Aiken, « Proposed Automatic Calculating Machine », *IEEE Spectrum*, août 1964 ; Cassie Ferguson, « Howard Aiken : Makin' a Computer Wonder », *Harvard Gazette*, 9 avril 1998.
19. I. Bernard Cohen, *Howard Aiken : Portrait of a Computer Pioneer* (MIT, 1999), p. 9.
20. Kurt Beyer, *Grace Hopper and the Invention of the Information Age* (MIT, 2009), p. 75.
21. Cohen, *Howard Aiken*, p. 115.
22. Cohen, *Howard Aiken*, p. 98 & *passim*.
23. Beyer, *Grace Hopper*, p. 80.
24. Ceruzzi, *Reckoners*, p. 65.
25. Horst Zuse (fils de K. Zuse), *The Life and Work of Konrad Zuse*, http://www.horst-zuse.homepage.t-online.de/Konrad_Zuse_index_english_html/biography.html.
26. Archives Konrad Zuse, <http://www.zib.de/zuse/home.php/Main/KonradZuse> ; Ceruzzi, *Reckoners*, p. 26.
27. Horst Zuse, *The Life and Work of Konrad Zuse*, part. 4 ; Ceruzzi, *Reckoners*, p. 28. Après la guerre, son dernier calculateur, le Z4 (photo p. 89), miraculeusement évacué en 1945, fut dédaigné par les occupants américains mais fit une carrière honorable à l'ETH, l'École polytechnique de Zurich, entre 1950 et 1955, date à laquelle il fut transféré à l'Institut franco-allemand de recherches de Saint-Louis (ISL), où il servit jusqu'en 1959. On a pu dire qu'en 1945 le Z4 était le seul calculateur binaire automatique d'Europe continentale. Cf. Robert Ligonnière, *Préhistoire et histoire des ordinateurs*, p. 254-257. (NdT)

28. L'histoire de John Atanasoff et la controverse entourant le mérite qu'il est en droit de s'attribuer ont suscité des écrits passionnés. Une bataille historique et juridique l'a opposé aux créateurs de l'ENIAC, John Mauchly et Presper Eckert. Les quatre principaux ouvrages sur Atanasoff ont tous été rédigés par des gens qui ont cherché à prendre son parti dans cette polémique. L'ouvrage d'Alice Burks, *Who Invented the Computer ?* (Prometheus, 2003 ; les emplacements sont ceux de l'édition Kindle), se fonde partiellement sur les documents de la bataille juridique. Alice & Arthur Burks, *The First Electronic Computer : The Atanasoff Story* (University of Michigan, 1988) est un livre antérieur, plus technique ; Arthur Burks était un ingénieur de l'équipe ENIAC qui a fini par critiquer Eckert et Mauchly. *Atanasoff : Forgotten Father of the Computer* (Iowa State, 1988) a été écrit par Clark Mollenhoff, un journaliste lauréat du prix Pulitzer qui était chef du bureau du *Des Moines Register* à Washington et qui, après avoir entendu parler d'Atanasoff, a cherché à le ressusciter pour lui éviter d'être oublié par l'Histoire. Jane Smiley, auteure de *The Man Who Invented the Computer* (Doubleday, 2010), est une romancière célèbre qui s'est plongée dans l'histoire de l'informatique et a pris la défense d'Atanasoff. Pour les antécédents personnels et l'implication d'Alice et d'Arthur Burks, v. leur « Memoir of the 1940s », *Michigan Quarterly Review*, printemps 1997, <http://hdl.handle.net/2027/spo.act2080.0036.201>. Cette section s'appuie aussi sur : Allan Mackintosh, « Dr Atanasoff's Computer », *Scientific American*, août 1988 ; Jean Berry, « Clifford Edward Berry : His Role in Early Computers », *Annals of the History of Computing*, juillet 1986 ; William Broad, « Who Should Get the Glory for Inventing the Computer ? », *New York Times*, 22 mars 1983.

29. John Atanasoff, « Advent of Electronic Digital Computing », *Annals of the History of Computing*, juillet 1984, p. 234.

30. Atanasoff, « Advent of Electronic Digital Computing », p. 238.

31. Atanasoff, « Advent of Electronic Digital Computing », p. 243.

32. Katherine Davis Fishman, *The Computer Establishment* (Harper & Row, 1981), p. 22.

33. Déposition d'Atanasoff, *Honeywell v. Sperry Rand*, 15 juin 1971, transcription p. 1700, reproduite in Burks, *Who Invented the Computer ?*, e1144. Les archives du procès sont conservées à l'université de Pennsylvanie, http://www.archives.upenn.edu/faids/upd/eniactrial/upd8_10.html, et au Charles Babbage Institute de l'université du Minnesota, [http://discover.lib.umn.edu/cgi/f/findaid/findaid-idx?](http://discover.lib.umn.edu/cgi/f/findaid/findaid-idx?c=umfa;cc=umfa;rgn=main;view=text;didno=cbi00001)

[c=umfa;cc=umfa;rgn=main;view=text;didno=cbi00001](#). « Sans être dérangé », c'est-à-dire sans qu'on lui apporte automatiquement une nouvelle consommation quand il avait bu les premières. (NdT)

34. Déposition d'Atanasoff, transcription p. 1703.

35. Atanasoff, « Advent of Electronic Digital Computing », p. 244.

36. John Atanasoff, « Computing Machine for the Solution of Large Systems of Linear Algebraic Equations », 1940, mis à disposition en ligne par l'université d'État de l'Iowa, <http://jva.cs.iastate.edu/img/Computing%20machine.pdf>. Pour une analyse détaillée, v. Burks & Burks, *The First Electronic Computer*, p. 7 & *passim*.

37. Robert Stewart, « The End of the ABC », *Annals of the History of Computing*, juillet 1984 ; Mollenhoff, *Atanasoff*, p. 73.

38. Cette section s'appuie sur : John Mauchly, historique oral dirigé par Henry Tropp, 10 janvier 1973, Smithsonian Institution ; John Mauchly, historique oral dirigé par Nancy Stern, 6 mai 1977, American Institute of Physics (AIP) ; Scott McCartney, *ENIAC* (Walker, 1999) ; Herman Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann* (Princeton, 1972 ; emplacements de l'édition Kindle) ; Kathleen Mauchly, « John Mauchly's Early Years », *Annals of the History of Computing*, avril 1984 ; David Ritchie, *The Computer Pioneers* (Simon & Schuster, 1986) ; Bill Mauchly & al., « The ENIAC », <http://the-eniac.com/first/> ; Howard Rheingold, *Tools for Thought* (MIT, 2000) ; Joel Shurkin, *Engines of the Mind : A History of the Computer* (Washington Square Press, 1984).

39. John Costello, « The Twig Is Bent : The Early Life of John Mauchly », *IEEE Annals of the*

40. Mauchly, historique oral, AIP.
41. Costello, « The Twig Is Bent ».
42. McCartney, *ENIAC*, p. 82.
43. Kay McNulty Mauchly Antonelli, « The Kathleen McNulty Mauchly Antonelli Story », 26 mars 2004, <https://sites.google.com/a/opgate.com/eniac/Home/kay-mcnulty-mauchly-antonelli> ; McCartney, *ENIAC*, p. 32.
44. Ritchie, *The Computer Pioneers*, p. 129 ; Rheingold, *Tools for Thought*, p. 80.
45. McCartney, *ENIAC*, p. 34.
46. Kathleen Mauchly, « John Mauchly's Early Years ».
47. McCartney, *ENIAC*, p. 36.
48. Kathleen Mauchly, « John Mauchly's Early Years ».
49. Lettre de John Mauchly à H. Helm Clayton, 15 novembre 1940.
50. Lettre de John Mauchly à John de Wire, 4 décembre 1940 ; Kathleen Mauchly, « John Mauchly's Early Years ».
51. Lettres de Mauchly à Atanasoff, 19 janvier 1941 ; d'Atanasoff à Mauchly, 23 janvier 1941 ; Mauchly, historique oral, Smithsonian ; Burks, *Who Invented the Computer ?*, e668.
52. La bataille se livra dans les pages des *Annals of the History of Computing*, avec de multiples articles et commentaires, et des lettres acerbes, dont se sont inspirées cette section et celle sur la bataille juridique, plus loin. À savoir : Arthur Burks & Alice Burks, « The ENIAC : First General-Purpose Electronic Computer », avec des commentaires de John Atanasoff, J. Presper Eckert, Kathleen R. Mauchly et Konrad Zuse, et une réponse de Burks & Burks, *Annals of the History of Computing*, octobre 1981, p. 310-399 (plus de quatre-vingts pages de ce numéro étaient consacrées aux affirmations et réfutations, ce qui a créé un certain malaise chez les membres de la rédaction) ; Kathleen Mauchly, « John Mauchly's Early Years », *Annals of the History of Computing*, avril 1984 ; John Mauchly, « Mauchly : Unpublished Remarks », postface d'Arthur & Alice Burks, *Annals of the History of Computing*, juillet 1982 ; Arthur Burks, « Who Invented the General Purpose Computer ? », exposé à l'université du Michigan, 2 avril 1974 ; lettre de James McNulty au rédacteur en chef, *Datamation*, juin 1980.
53. Déposition de Lura Meeks Atanasoff, *Sperry v. Honeywell* ; Burks, *Who Invented the Computer ?*, 1445.
54. Mollenhoff, *Atanasoff*, p. 114.
55. Mauchly, historique oral, Smithsonian ; John Mauchly, « Fireside Chat », 13 novembre 1973, *Annals of the History of Computing*, juillet 1982.
56. Ritchie, *The Computer Pioneers*, p. 142.
57. Mauchly, historique oral, Smithsonian.
58. Déposition de John Mauchly, *Sperry v. Honeywell* ; Burks, *Who Invented the Computer ?*, e429.
59. Lettre de John Mauchly à John Atanasoff, 30 septembre 1941, conservée dans les archives du procès *Sperry v. Honeywell*.
60. Lettre d'Atanasoff à Mauchly, 7 octobre 1941, archives du procès *Sperry v. Honeywell*.
61. Outre les sources citées ci-dessous, cette section s'appuie sur : Peter Eckstein, « Presper Eckert », *Annals of the History of Computing*, printemps 1996 ; J. Presper Eckert, historique oral dirigé par Nancy Stern, 28 octobre 1977, Charles Babbage Institute, université du Minnesota ; Nancy Stern, *From ENIAC to UNIVAC* (Digital Press, 1981) ; J. Presper Eckert, « Thoughts on

the History of Computing », *Computer*, décembre 1976 ; J. Presper Eckert, « The ENIAC », John Mauchly, « The ENIAC », et Arthur W. Burks, « From ENIAC to the Stored Program Computer », articles parus dans Nicholas Metropolis & *al.*, eds, *A History of Computing in the Twentieth Century* (Academic Press, 1980) ; Alexander Randall, « A Lost Interview with Presper Eckert », *Computerworld*, 4 février 2006.

62. Eckert, historique oral, Charles Babbage Institute.

63. Eckstein, « Presper Eckert ».

64. Ritchie, *The Computer Pioneers*, p. 148.

65. Eckert, historique oral, Charles Babbage Institute.

66. John W. Mauchly, « The Use of High Speed Vacuum Tube Devices for Calculating », 1942, in Brian Randell, ed., *The Origins of Digital Computers : Selected Papers* (Springer-Verlag, 1973), p. 329. V. aussi John G. Brainerd, « Genesis of the ENIAC », *Technology and Culture*, juillet 1976, p. 482.

67. Mauchly, historique oral, Smithsonian ; Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann*, e3169 ; McCartney, *ENIAC*, p. 61.

68. Burks, *Who Invented the Computer ?*, e71.

69. McCartney, *ENIAC*, p. 89.

70. Eckert, historique oral, Charles Babbage Institute.

71. Eckert, historique oral, Charles Babbage Institute.

72. Eckert, historique oral, Charles Babbage Institute. Randall, « A Lost Interview with Presper Eckert ».

73. Hodges, *Alan Turing*, e3628.

74. Outre la biographie de Hodges, *Alan Turing*, cette section s'appuie sur : B. Jack Copeland, *Colossus : The Secrets of Bletchley Park's Codebreaking Computers* (Oxford, 2006) ; I. J. Good, « Early Work on Computers at Bletchley », *Annals of the History of Computing*, juillet 1979 ; Tommy Flowers, « The Design of Colossus », *Annals of the History of Computing*, juillet 1983 ; Simon Lavington, ed., *Alan Turing and His Contemporaries* (BCS, 2012) ; Sinclair McKay, *The Secret Life of Bletchley Park : The History of the Wartime Codebreaking Centre by the Men and Women Who Were There* (Aurum Press, 2010) – en français *Les Casseurs de code de la Seconde Guerre mondiale : Bletchley Park 1939-1945, la vie secrète de ces héros ordinaires*, Bruxelles : Ixelles Éditions, 2013 ; et sur ma visite à Bletchley Park, les entretiens avec les spécialistes et les guides attachés à l'établissement, les expositions et la documentation disponibles sur place.

75. Randall, « A Lost Interview with Presper Eckert ».

76. Archives du procès *Honeywell v. Sperry Rand*. V. aussi Charles E. McTiernan, « The ENIAC Patent », *Annals of the History of Computing*, avril 1998.

77. Décision du juge Earl Richard Larson, *Honeywell v. Sperry Rand*.

78. Randall, « A Lost Interview with Presper Eckert ».

3. La programmation

1. Alan Turing, « Intelligent Machinery », rapport du National Physical Laboratory, juillet 1948, consultable à l'adresse http://www.AlanTuring.net/intelligent_machinery.

2. Outre les sources citées ci-dessous, cette section s'appuie sur Kurt Beyer, *Grace Hopper and the Invention of the Information Age* (MIT, 2009), et la somme suivante des historiques oraux de Grace Hopper : Smithsonian (cinq séances), juillet 1968, novembre 1968, 7 janvier 1969, 4 février 1969, 5 juillet 1972 ; Computer History Museum, décembre 1980 ; interview de Grace Hopper, septembre 1982, projet d'historique oral « Les femmes au gouvernement

fédéral », Radcliffe Institute, Harvard.

3. Kurt Beyer se trompe quand il dit qu'elle a été la première femme à obtenir un doctorat en mathématiques à Yale. La première fut Charlotte Barnum en 1895, et il y en eut dix avant Grace Hopper. V. Judy Green & Jeanne LaDuke, *Pioneering Women in American Mathematics : The pre-1940 PhDs* (American Mathematical Society, 2009), p. 53 ; Beyer, *Grace Hopper*, p. 25 & 26.

4. Hopper, historique oral, Smithsonian, 5 juillet 1972. À l'époque, Vassar était encore un établissement exclusivement féminin. (NdT)

5. Hopper, historique oral, Smithsonian, juillet 1968 ; Rosario Rausa, « In Profile, Grace Murray Hopper », *Naval History*, automne 1992.

6. Historiques oraux de Grace Hopper (elle a présenté la même version des faits) réalisés au Computer History Museum, et à la Smithsonian le 5 juillet 1972.

7. The Staff of the Harvard Computation Library [Grace Hopper & Howard Aiken], *A Manual of Operation for the Automatic Sequence Controlled Calculator* (Harvard, 1946).

8. Hopper, historique oral, Computer History Museum.

9. Beyer, *Grace Hopper*, p. 130.

10. Beyer, *Grace Hopper*, p. 135.

11. Richard Bloch, historique oral, Charles Babbage Institute, université du Minnesota.

12. Beyer, *Grace Hopper*, p. 53.

13. Commentaires sur la table ronde consacrée à Grace Hopper et Richard Bloch, le 30 août 1967, in Henry S. Tropp, « The 20th Anniversary Meeting of the Association for Computing Machinery », *IEEE Annals*, juillet 1987.

14. Beyer, *Grace Hopper*, p. 5.

15. Hopper, historique oral, Smithsonian, 5 juillet 1972.

16. Howard Aiken, historique oral dirigé par Henry Tropp & I. Bernard Cohen, Smithsonian Institution, février 1973.

17. Grace Hopper & John Mauchly, « Influence of Programming Techniques on the Design of Computers », *Proceedings of the IRE*, octobre 1953.

18. Harvard computer log, 9 septembre 1947, <http://www.history.navy.mil/photos/images/h96000/h96566k.jpg>.

19. Hopper, historique oral, Smithsonian, novembre 1968.

20. *The Moore School Lectures*, Charles Babbage Institute, réimpr. (MIT Press, 1985).

21. Hopper, historique oral, Smithsonian, novembre 1968.

22. Outre les sources citées ci-dessous, cette section s'appuie sur : Jean Jennings Bartik, *Pioneer Programmer* (Truman State, 2013 ; les emplacements sont ceux de l'édition Kindle) ; Jean Bartik, historique oral dirigé par Gardner Hendrie, Computer History Museum, 1^{er} juillet 2008 ; Jean Jennings Bartik, historique oral dirigé par Janet Abbate, IEEE Global History Network, 3 août 2001 ; Steve Lohr, « Jean Bartik, Software Pioneer, Dies at 86 », *New York Times*, 7 avril 2011 ; Jennifer Light, « When Computers Were Women », *Technology and Culture*, juillet 1999.

23. Jordyn Jack, *Science on the Home Front : American Women Scientists in World War II* (University of Illinois, 2009), p. 3.

24. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, e1282.

25. W. Barkley Fritz, « The Women of ENIAC », *IEEE Annals of the History of Computing*, automne 1996.

26. Fritz, « The Women of ENIAC ».
27. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, e1493. V. aussi LeAnn Erickson, « Top Secret Rosies : The Female Computers of WWII » (Vidéo, réseau câblé PBS, 2002) ; Bill Mauchly, site Internet de l'ENIAC, <https://sites.google.com/a/opgate.com/eniac/> ; Thomas Petzinger Jr, « History of Software Begins with Work of Some Brainy Women », *Wall Street Journal*, 15 novembre 1996. Kathy Kleiman a contribué à faire reconnaître le rôle des programmeuses après les avoir rencontrées en 1986 quand elle faisait des recherches pour son mémoire de maîtrise à Harvard sur les femmes dans l'informatique, et elle a coproduit un documentaire de vingt minutes, *The Computers*, sorti en 2014. V. le site Internet de l'ENIAC Programmers Project, <http://eniacprogrammers.org/>.
28. Kay McNulty Mauchly Antonelli, « The Kathleen McNulty Mauchly Antonelli Story », sur le site Internet de l'ENIAC, <https://sites.google.com/a/opgate.com/eniac/Home/kay-mcnulty-mauchly-antonelli>.
29. Fritz, « The Women of ENIAC ».
30. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, e1480.
31. Autumn Stanley, *Mothers and Daughters of Invention* (Rutgers, 1995), p. 443.
32. Fritz, « The Women of ENIAC ».
33. Historique oral de Jean Jennings Bartik & Betty Snyder Holberton, dirigé par Henry Tropp, Smithsonian, 27 avril 1973.
34. Jennings Bartik, historique oral, Computer History Museum.
35. Jennings Bartik, historique oral, Computer History Museum.
36. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, e557.
37. Eckert & Mauchly, « Progress Report on ENIAC », 31 décembre 1943, in Nancy Stern, *From ENIAC to UNIVAC* (Digital Press, 1981).
38. John Mauchly, « Amending the ENIAC Story », lettre au rédacteur en chef de *Datamation*, octobre 1979.
39. Presper Eckert, « Disclosure of a Magnetic Calculating Machine », 29 janvier 1944, pièce à conviction déclassifiée, conservée dans les archives Don Knuth au Computer History Museum ; Mark Priestley, *A Science of Operations* (Springer, 2011), 127 ; Stern, *From ENIAC to UNIVAC*, 28.
40. Outre les notes spécifiques ci-dessous, cette section s'appuie sur : William Aspray, *John von Neumann and the Origins of Modern Computing* (MIT, 1990) ; Nancy Stern, « John von Neumann's Influence on Electronic Digital Computing, 1944-1946 », *IEEE Annals of the History of Computing*, octobre-décembre 1980 ; Stanislaw Ulam, « John von Neumann », *Bulletin of the American Mathematical Society*, février 1958 ; George Dyson, *Turing's Cathedral* (Random House, 2012 ; emplacements de l'édition Kindle) ; Herman Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann* (Princeton, 1972 ; emplacements de l'édition Kindle).
41. Dyson, *Turing's Cathedral*, e41.
42. Nicholas Vonneumann, « John von Neumann as Seen by His Brother » (auto-édité, 1987), p. 22, extraits parus sous le titre « John von Neumann : Formative Years », *IEEE Annals*, automne 1989.
43. Dyson, *Turing's Cathedral*, e45.
44. Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann*, e3550.
45. Dyson, *Turing's Cathedral*, e1305.
46. Dyson, *Turing's Cathedral*, e1395.
47. Hopper, historique oral, Smithsonian, 7 janvier 1969.

48. Bloch, historique oral, 22 février 1984, Charles Babbage Institute.
49. Robert Slater, *Portraits in Silicon* (MIT Press, 1987), p. 88 ; Beyer, *Grace Hopper and the Invention of the Information Age*, p. 9.
50. Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann*, e3634.
51. Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann*, e3840.
52. Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann*, e199 ; lettre de Goldstine à Gillon, 2 septembre 1944 ; Beyer, *Grace Hopper and the Invention of the Information Age*, p. 120. V. aussi John Mauchly, « Amending the ENIAC Story », lettre au rédacteur en chef de *Datamation*, octobre 1979 ; Arthur W. Burks, « From ENIAC to the Stored Program Computer », in Nicholas Metropolis & al., eds, *A History of Computing in the Twentieth Century* (Academic Press, 1980).
53. Jean Jennings Bartik & Betty Snyder Holberton, historique oral, Smithsonian, 27 avril 1973.
54. McCartney, *ENIAC*, p. 116.
55. Jean Jennings Bartik & Betty Snyder Holberton, historique oral, Smithsonian, 27 avril 1973.
56. Dyson, *Turing's Cathedral*, e53.
57. Burks, *Who Invented the Computer ?*, e161 ; Norman Macrae, *John von Neumann* (American Mathematical Society, 1992), p. 281.
58. Ritchie, *The Computer Pioneers*, p. 178.
59. Presper Eckert, historique oral dirigé par Nancy Stern, Charles Babbage Institute, 28 octobre 1977 ; Dyson, *Turing's Cathedral*, e1952.
60. John von Neumann, « First Draft of a Report on the EDVAC », US Army Ordnance Department & the University of Pennsylvania, 30 juin 1945. Ce rapport est disponible à l'adresse <http://www.virtualtravelog.net/wp/wp-content/media/2003-08-TheFirstDraft.pdf>.
61. Dyson, *Turing's Cathedral*, e1957. V. aussi Aspray, *John von Neumann and the Origins of Modern Computing*.
62. Eckert, historique oral, Charles Babbage Institute. V. aussi McCartney, *ENIAC*, p. 125, qui cite Eckert : « Il est clair que nous avons été arnaqués par John von Neumann, qui a réussi dans certains milieux à faire appeler mes idées "architecture von Neumann". »
63. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, e518.
64. Charles Duhigg & Steve Lohr, « The Patent, Used as a Sword », *New York Times*, 7 octobre 2012.
65. McCartney, *ENIAC*, p. 103.
66. C. Dianne Martin, « ENIAC : The Press Conference That Shook the World », *IEEE Technology and Society*, décembre 1995.
67. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, e1878.
68. Fritz, « The Women of ENIAC ».
69. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, e1939.
70. Jean Jennings Bartik & Betty Snyder Holberton, historique oral, Smithsonian, 27 avril 1973.
71. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, e672, e1964, e1995, e1959.
72. T. R Kennedy, « Electronic Computer Flashes Answers », *New York Times*, 15 février 1946.

73. McCartney, *ENIAC*, p. 107.
74. Jennings Bartik, *Pioneer Programmer*, e2026, e2007.
75. Jean Jennings Bartik, historique oral, Computer History Museum.
76. McCartney, *ENIAC*, p. 132.
77. Steven Henn, « The Night a Computer Predicted the Next President », réseau radio NPR, 31 oct. 2012 ; Alex Bochanek, « Have You Got a Prediction for Us, UNIVAC ? » Computer History Museum, <http://www.computerhistory.org/atchm/have-you-got-a-prediction-for-us-univac/>. D'après certains articles, CBS n'aurait pas révélé la prédiction de la victoire d'Eisenhower parce que les sondages pré-électorales avaient prédit la victoire de Stevenson. C'est faux : les sondages avaient prévu une victoire d'Eisenhower.
78. Hopper, historique oral, Computer History Museum, décembre 1980.
79. Beyer, *Grace Hopper*, p. 277.
80. Lettre de John von Neumann à Stanley Frankel, 29 octobre 1946 ; Joel Shurkin, *Engines of the Mind* (Washington Square Press, 1984), p. 204 ; Dyson, *Turing's Cathedral*, e1980 ; Stern, « John von Neumann's Influence on Electronic Digital Computing ».
81. Eckert, historique oral, Charles Babbage Institute.
82. Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann*, e5077.
83. Crispin Rope, « ENIAC as a Stored-Program Computer : A New Look at the Old Records », *IEEE Annals of the History of Computing*, octobre 2007 ; Dyson, *Turing's Cathedral*, e4429.
84. Fritz, « The Women of ENIAC ».
85. Maurice Wilkes, « How Babbage's Dream Came True », *Nature*, octobre 1975.
86. Hodges, *Alan Turing*, e10622.
87. Dyson, *Turing's Cathedral*, e2024. V. aussi Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann*, e5376.
88. Dyson, *Turing's Cathedral*, e6092.
89. Hodges, *Alan Turing*, e6972.
90. Alan Turing, « Lecture to the London Mathematical Society », 20 février 1947, consultable à l'adresse <http://www.turingarchive.org/> ; Hodges, *Alan Turing*, e9687.
91. Dyson, *Turing's Cathedral*, e5921.
92. Geoffrey Jefferson, « The Mind of Mechanical Man », conférence Lister, 9 juin 1949, archives Turing, <http://www.turingarchive.org/browse.php/B/44>.
93. Hodges, *Alan Turing*, e10983.
94. V. sur Internet à l'adresse <http://loebner.net/Prize/TuringArticle.html>.
95. John Searle, « Minds, Brains and Programs », *Behavioral and Brain Sciences*, 1980. V. aussi « The Chinese Room Argument », *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/chinese-room/>.
96. Hodges, *Alan Turing*, e11305 ; Max Newman, « Alan Turing, An Appreciation », *The Manchester Guardian*, 11 juin 1954.
97. M. H. A. Newman, Alan M. Turing, Sir Geoffrey Jefferson, & R. B. Braithwaite, « Can Automatic Calculating Machines Be Said to Think ? », émission radio de la BBC, 1952, réimpr. in Stuart Shieber, ed., *The Turing Test : Verbal Behavior as the Hallmark of Intelligence* (MIT, 2004) ; Hodges, *Alan Turing*, e12120.
98. Hodges, *Alan Turing*, e12069.

99. Hodges, *Alan Turing*, e12404. Pour des discussions sur le suicide et la personnalité de Turing, v. la nécrologie non publiée rédigée par Robin Gandy pour le *Times*, et d'autres documents des archives Turing, <http://www.turingarchive.org/>. La mère de Turing, Sara, se plaisait à croire que son suicide était en réalité un accident survenu lorsqu'il aurait utilisé du cyanure pour la dorure par galvanoplastie d'une cuiller. Elle envoya aux archives Turing une cuiller qu'elle avait trouvée dans son laboratoire avec la note suivante : « Voici la cuiller que j'ai trouvée dans le laboratoire d'Alan Turing. Elle est similaire à celle dont il a exécuté la dorure lui-même. Il semble tout à fait probable qu'il avait l'intention de procéder de la même façon avec celle-ci en utilisant du cyanure de potassium de sa fabrication. » Pièce AMT/A/12, archives Turing, <http://www.turingarchive.org/browse.php/A/12>.

4. Le transistor

1. Jon Gertner, *The Idea Factory : Bell Labs and the Great Age of American Innovation* (Penguin, 2012 ; emplacements de l'édition Kindle). Outre les citations spécifiques ci-dessous, les sources utilisées pour cette section comprennent : Joel Shurkin, *Broken Genius : The Rise and Fall of William Shockley* (Macmillan, 2006 ; emplacements de l'édition Kindle) ; Lillian Hoddeson & Vicki Daitch, *True Genius : The Life and Science of John Bardeen* (National Academies, 2002) ; Michael Riordan & Lillian Hoddeson, *Crystal Fire : The Invention of the Transistor and the Birth of the Information Age* (Norton, 1998) ; William Shockley, « The Invention of the Transistor – An Example of Creative-Failure Methodology », *National Bureau of Standards Special Publication*, mai 1974, p. 47-89 ; William Shockley, « The Path to the Conception of the Junction Transistor », *IEEE Transactions of Electron Device*, juillet 1976 ; David Pines, « John Bardeen », *Proceedings of the American Philosophical Society*, septembre 2009 ; « Special Issue : John Bardeen », *Physics Today*, avril 1992, avec les réminiscences de sept de ses collègues ; John Bardeen, « Semiconductor Research Leading to the Point Contact Transistor », conférence Nobel, 11 décembre 1956 ; John Bardeen, « Walter Houser Brattain : A Biographical Memoir », National Academy of Sciences, 1994 ; *Transistorized !*, PBS, transcriptions et interviews, 1999, <http://www.pbs.org/transistor/index.html> ; William Shockley, historique oral, American Institute of Physics (AIP), 10 septembre 1974 ; « Oral History of Shockley Semiconductor », Computer History Museum, 27 février 2006 ; John Bardeen, historique oral, AIP, 12 mai 1977 ; Walter Brattain, historique oral, AIP, janvier 1964.

2. Gertner, *The Idea Factory*, e2255.

3. Shurkin, *Broken Genius*, e2547.

4. John Pierce, « Mervin Joe Kelly : 1894-1971 », mémoires biographiques de la National Academy of Sciences, 1975, <http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/kelly-mervin.pdf> ; Gertner, *The Idea Factory*, e2267.

5. Shurkin, *Broken Genius*, e178.

6. Shurkin, *Broken Genius*, e231.

7. Shurkin, *Broken Genius*, e929 ; Lillian Hoddeson, « The Discovery of the Point-Contact Transistor », *Historical Studies in the Physical Sciences* 12, no. 1 (1981) : 76.

8. Interview de John Pierce, *Transistorized !*, PBS, 1999.

9. Shurkin, *Broken Genius*, e935 ; Shockley, « The Path to the Conception of the Junction Transistor ».

10. Gertner, *The Idea Factory*, e1022.

11. Gertner, *The Idea Factory*, e1266.

12. Gertner, *The Idea Factory*, e1336.

13. Brattain, historique oral, AIP.

14. Pines, « John Bardeen ».

15. Bardeen, « Walter Houser Brattain ».

16. Brattain, historique oral, AIP.
17. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 126.
18. Shockley, « The Path to the Conception of the Junction Transistor » ; Michael Riordan, « The Lost History of the Transistor », *IEEE Spectrum*, mai 2004.
19. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 121.
20. Brattain, historique oral, AIP.
21. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 131.
22. Bardeen, « Semiconductor Research Leading to the Point Contact Transistor », conférence Nobel.
23. Brattain, historique oral, AIP.
24. Brattain, historique oral, AIP.
25. Shurkin, *Broken Genius*, e1876.
26. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 4, 137.
27. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 139.
28. Shurkin, *Broken Genius*, e1934.
29. Shockley, « The Path to the Conception of the Junction Transistor ».
30. Brattain, historique oral, AIP.
31. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 148.
32. Shockley, « The Path to the Conception of the Junction Transistor ».
33. Shockley, « The Path to the Conception of the Junction Transistor ».
34. Shockley, « The Invention of the Transistor » ; Gertner, *The Idea Factory*, e1717.
35. Interview de Brattain, « Naming the Transistor », PBS, 1999 ; interview de Pierce, PBS, 1999.
36. Mervin Kelly, « The First Five Years of the Transistor », *Bell Telephone magazine*, été 1953.
37. Nick Holonyak, historique oral, AIP, 23 mars 2005.
38. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 207 ; Mark Burgess, « Early Semiconductor History of Texas Instruments », <https://sites.google.com/site/transistorhistory/Home/us-semiconductor-manufacturers/ti>.
39. Exposé de Gordon Teal, « Announcing the Transistor, » au colloque Texas Instruments sur la stratégie prospective, 17 mars 1980.
40. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 211 ; manuel du Regency TR1, <http://www.regencytr1.com/images/Owners%20Manual%20-%20TR-1G.pdf>.
41. T. R. Reid, *The Chip* (Simon & Schuster, 1984 ; emplacements de l'édition Kindle), e2347.
42. La page « Le saviez-vous ? » du site du Regency, http://www.regencytr1.com/TRivia_CORNER.html.
43. Brattain, historique oral, AIP.
44. Lettre de John Bardeen à Mervin Kelly, 25 mai 1951 ; Ronald Kessler, « Absent at the Creation », *Washington Post magazine*, 6 avril 1997 ; Pines, « John Bardeen ».
45. Gertner, *The Idea Factory*, e3059 ; Shurkin, *Broken Genius*, e2579.

46. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 231 & *passim*.
47. Arnold Thackray & Minor Myers, *Arnold O. Beckman : One Hundred Years of Excellence*, vol. 1 (Chemical Heritage Foundation, 2000), p. 6.
48. Walter Isaacson, *Steve Jobs* (Simon & Schuster, 2011), p. 9. En français : *Steve Jobs*, Paris : Lattès, 2011 ; trad. Dominique Defert & Carole Delporte.
49. Les sources des passages relatifs à Silicon Valley incluent *The Man Behind the Microchip : Robert Noyce and the Invention of Silicon Valley* de Leslie Berlin (Oxford, 2005 ; emplacements de l'édition Kindle), e1332 & *passim*. Leslie Berlin, historienne, est directrice de projet aux Silicon Valley Archives de Stanford et écrit actuellement un livre sur l'essor de Silicon Valley. V. aussi : Rebecca Lowen, *Creating the Cold War University : The Transformation of Stanford* (University of California, 1997) ; Michael Malone, *The Intel Trinity* (HarperBusiness, 2014), *Infinite Loop* (Doubleday, 1999), *The Big Score : The Billion Dollar Story of Silicon Valley* (Doubleday, 1985), *The Valley of Heart's Delight : A Silicon Valley Notebook, 1963-2001* (Wiley, 2002), *Bill and Dave* (Portfolio, 2007) ; Christophe Lécuyer, *Making Silicon Valley* (MIT, 2007) ; C. Stewart Gillmore, *Fred Terman at Stanford : Building a Discipline, a University, and Silicon Valley* (Stanford, 2004) ; Margaret Pugh O'Mara, *Cities of Knowledge : Cold War Science and the Search for the Next Silicon Valley* (Princeton, 2005) ; Thomas Heinrich, « Cold War Armory : Military Contracting in Silicon Valley », *Enterprise & Society*, 1^{er} juin 2002 ; Steve Blank, « The Secret History of Silicon Valley », <http://steveblank.com/secret-history/>.
50. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e1246 ; Reid, *The Chip*, e1239. Outre ces deux sources et celles citées ci-dessous, cette section s'appuie sur : mes entretiens avec Gordon Moore et Andy Grove ; Shurkin, *Broken Genius* ; Michael Malone, *The Intel Trinity* (Harpers, 2014) ; Tom Wolfe, « The Tinkerings of Robert Noyce », *Esquire*, décembre 1983 ; Bo Lojek, *History of Semiconductor Engineering* (Springer, 2007) ; carnets et autres pièces conservées au Computer History Museum ; Robert Noyce, historique oral dirigé par Michael F. Wolff, IEEE History Center, 19 septembre 1975 ; Gordon Moore, historique oral dirigé par Michael F. Wolff, IEEE History Center, 19 septembre 1975 ; Gordon Moore, historique oral dirigé par Daniel Morrow, Computerworld Honors Program, 28 mars 2000 ; Gordon Moore & Jay Last, historique oral dirigé par David Brock & Christophe Lécuyer, Chemical Heritage Foundation, 20 janvier 2006 ; Gordon Moore, historique oral dirigé par Craig Addison, SEMI, 25 janvier 2008 ; interview de Gordon Moore par Jill Wolfson & Teo Cervantes, *San Jose Mercury News*, 26 janvier 1997 ; Gordon Moore, « Intel : Memories and the Microprocessor », *Daedalus*, printemps 1966.
51. Shurkin, *Broken Genius*, e2980, d'après Fred Warshofsky, *The Chip War* (Scribner's Sons, 1989).
52. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e276.
53. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e432, e434.
54. Wolfe, « The Tinkerings of Robert Noyce ».
55. Interview de Robert Noyce, « Silicon Valley », PBS, 2013 ; Malone, *The Big Score*, p. 74.
56. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e552 ; Malone, *Intel Trinity*, p. 81.
57. Leslie Berlin écrit que les transistors ne sont pas arrivés avant 1950, c'est-à-dire après que Noyce a obtenu son diplôme. « Buckley [responsable de la recherche aux laboratoires Bell] ne disposait pas d'échantillons, mais il a effectivement envoyé à Gale des exemplaires de plusieurs monographies techniques que les laboratoires Bell avaient écrites sur le transistor. Ces monographies ont formé la base de l'exposition initiale de Noyce à ce dispositif. Aucun manuel ne traitait des transistors, et (bien que la mythologie dominante prétende le contraire) les laboratoires Bell n'ont pas envoyé à Gale de transistors avant l'obtention de son diplôme par Noyce. » (*The Man Behind the Microchip*, e650). Leslie Berlin cite comme source de ces informations une lettre de mars 1984 écrite par le professeur Gale à un ami. Elle précise dans une note de fin d'ouvrage : « Gale mentionne "l'original de la facture d'expédition [accompagnant les transistors envoyés à Bardeen par Gale] datée du 6 mars 1950" (et perdue depuis). » La version de Leslie Berlin est en contradiction avec les souvenirs de Noyce. La

citation de Noyce expliquant que « Grant Gale a mis la main sur l'un des premiers transistors à point de contact [...] pendant ma troisième année de licence » est tirée de l'historique oral de Noyce réalisé en septembre 1975 à l'IEEE History Center et cité ci-dessus. D'après le profil de Noyce rédigé par Tom Wolfe pour *Esquire* et fondé sur ses entretiens avec Noyce : « À l'automne 1948, Gale avait déjà obtenu deux des premiers transistors qui aient jamais été fabriqués, et il présenta en exclusivité mondiale le premier enseignement universitaire relatif à l'électronique de l'état solide à dix-huit étudiants en physique [dont Noyce] à Grinnell College. » (« The Tinkerings of Robert Noyce »). En se fondant sur ses entretiens avec Robert Noyce réalisés en 1982, Reid (*The Chip*, e1226) écrit : « Gale avait été un condisciple de John Bardeen à l'école d'ingénierie de l'université du Wisconsin, et c'est ainsi qu'il put obtenir l'un des premiers transistors et en faire la démonstration devant ses étudiants. C'est une séance que l'étudiant n'oublierait jamais. "Ça m'a assommé comme la bombe atomique", se rappela Robert Noyce quarante ans plus tard. » Bardeen et d'autres ingénieurs des laboratoires Bell envoyèrent effectivement de nombreux échantillons de transistors aux établissements universitaires qui en faisaient la demande, et ce à partir de juillet 1948.

58. Reid, *The Chip*, e1266 ; Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e1411.

59. Interview de Gordon Moore, « Silicon Valley », PBS, 2013.

60. Entretien de l'auteur avec Gordon Moore.

61. Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 239.

62. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e1469.

63. Interview de Jay Last, « Silicon Valley », PBS, 2013.

64. Malone, *Intel Trinity*, p. 107.

65. Interview de Jay Last, « Silicon Valley », PBS, 2013 ; Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e1649 ; Riordan & Hoddeson, *Crystal Fire*, p. 246.

66. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e1641.

67. Shurkin, *Broken Genius*, e3118.

68. Entretien de l'auteur avec Gordon Moore.

69. Arnold Beckman, historique oral dirigé par Jeffrey L. Sturchio & Arnold Thackray, Chemical Heritage Foundation, 23 juillet 1985.

70. Interviews de Gordon Moore et de Jay Last, « Silicon Valley », PBS, 2013.

71. Interviews de Regis McKenna et de Michael Malone, « Silicon Valley », PBS, 2013.

72. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e1852 ; entretien de l'auteur avec Arthur Rock.

73. Entretien de l'auteur avec Arthur Rock.

74. Interview d'Arthur Rock, « Silicon Valley » PBS, 2013 ; entretien avec l'auteur et documents fournis par Arthur Rock.

75. « Multifarious Sherman Fairchild », *Fortune*, mai 1960 ; « Yankee Tinkerer » (gros plan sur Sherman Fairchild, qui fait la couverture de ce numéro), *Time*, 25 juillet 1960.

5. Le circuit intégré

1. Outre les sources citées ci-dessous, cette section s'appuie sur : Jack Kilby, « Turning Potentials into Realities », conférence Nobel, 8 décembre 2000 ; Jack Kilby, « Invention of the Integrated Circuit », *IEEE Transactions on Electron Devices*, juillet 1976 ; T. R. Reid, *The Chip* (Simon & Schuster, 1984 ; emplacements de l'édition Kindle).

2. Jack Kilby, essai biographique, Comité organisateur du prix Nobel, 2000.

3. Reid, *The Chip*, e954.

4. Reid, *The Chip*, e921.
5. Reid, *The Chip*, e1138.
6. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e2386. Les carnets de Fairchild sont conservés et exposés au Computer History Museum de Mountain View, Californie.
7. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e2515.
8. Robert Noyce, historique oral, IEEE.
9. Reid, *The Chip*, e1336 ; Robert Noyce, historique oral, IEEE.
10. Journal de Robert Noyce, 23 janvier 1959, Computer History Museum, Mountain View, Californie. Pour une photo de cette page, v. <http://www.computerhistory.org/atchm/the-relics-of-st-bob/>.
11. J. S. Kilby, « Capacitor for Miniature Electronic Circuits or the Like », demande de brevet n° US 3434015 A, 6 février 1959 ; Reid, *The Chip*, e1464.
12. R. N. Noyce, « Semiconductor Device-and-Lead Structure », demande de brevet n° US 2981877 A, 30 juillet 1959 ; Reid, *The Chip*, e1440.
13. Reid, *The Chip*, e1611 & *passim*.
14. Procès *Noyce v. Kilby*, Cour d'appel fédérale en matière de douanes et de brevets, 6 novembre 1969.
15. Reid, *The Chip*, e1648.
16. Jack Kilby, historique oral dirigé par Arthur L. Norberg, Charles Babbage Institute, université du Minnesota, 21 juin 1984.
17. Craig Matsumoto, « The Quiet Jack Kilby », chronique du « Valley Wonk », *Heavy Reading*, 23 juin 2005.
18. Reid, *The Chip*, e3755, e3775 ; Jack Kilby, conférence Nobel, 8 décembre 2000.
19. Paul Ceruzzi, *A History of Modern Computing* (MIT Press, 1998), p. 187.
20. Ceruzzi, *A History of Modern Computing*, ch. 6.
21. Reid, *The Chip*, e2363, e2443.
22. Robert Noyce, « Microelectronics », *Scientific American*, septembre 1977.
23. Gordon Moore, « Cramming More Components onto Integrated Circuits », *Electronics*, avril 1965.
24. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e3177.
25. Interview de Gordon Moore, « American Experience : Silicon Valley », PBS, 2013.
26. Entretien de l'auteur avec Gordon Moore.
27. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e3529.
28. Entretien de l'auteur avec Arthur Rock.
29. John Wilson, *The New Venturers* (Addison-Wesley, 1985), ch. 2.
30. Entretien de l'auteur avec Arthur Rock ; David Kaplan, *The Silicon Boys* (Morrow, 1999), p. 165 & *passim*.
31. Entretien de l'auteur avec Arthur Rock.
32. Entretien de l'auteur avec Arthur Rock.
33. Malone, *Intel Trinity*, pp. 4, 8.
34. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e4393.

35. Andrew Grove, *Swimming Across* (Grand Central, 2001), p. 2. Cette section se fonde aussi sur des entretiens et des conversations de l'auteur avec Grove au fil des années, et sur : Joshua Ramo, « Man of the Year : A Survivor's Tale », *Time*, 29 décembre 1997 ; Richard Tedlow, *Andy Grove* (Portfolio, 2006).

36. Tedlow, *Andy Grove*, p. 92.

37. Tedlow, *Andy Grove*, p. 96.

38. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e129.

39. Interview d'Andrew Grove, « American Experience : Silicon Valley », PBS, 2013.

40. Tedlow, *Andy Grove*, p. 74 ; Andy Grove, historique oral dirigé par Arnold Thackray & David C. Brock, 14 juillet & 1^{er} septembre 2004, Chemical Heritage Foundation.

41. Entretien de l'auteur avec Arthur Rock.

42. Interview de Michael Malone, « American Experience : Silicon Valley », PBS, 2013.

43. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e4400.

44. Interview d'Ann Bowers, « American Experience : Silicon Valley », PBS, e2013.

45. Interview de Ted Hoff, « American Experience : Silicon Valley », PBS, 2013.

46. Wolfe, « The Tinkerings of Robert Noyce ».

47. Malone, *Intel Trinity*, p. 115.

48. Entretien de l'auteur avec Gordon Moore.

49. Malone, *Intel Trinity*, p. 130.

50. Interview d'Ann Bowers, « American Experience » ; entretien de l'auteur avec Ann Bowers.

51. Reid, *The Chip*, p. 140 ; Malone, *Holy Trinity*, p. 148.

52. Interview de Ted Hoff, « American Experience : Silicon Valley », PBS, 2013.

53. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e4329.

54. Berlin, *The Man Behind the Microchip*, e4720.

55. Don Hoefler, « Silicon Valley USA », *Electronic News*, 11 janvier 1971.

6. Les jeux vidéo

1. Steven Levy, *Hackers* (Anchor/Doubleday, 1984 ; pagination de l'édition du vingt-cinquième anniversaire, O'Reilly, 2010), p. 28. En français, *L'Éthique des hackers*, Paris : Globe, 2013 ; trad. Gilles Tordjman. Dans cet ouvrage classique et influent, qui commence par une description détaillée du Tech Model Railroad Club au MIT, Levy expose une « éthique du hacker » qui comporte, entre autres, les principes suivants : « L'accès aux ordinateurs – et à tout ce qui pourrait vous apprendre comment le monde fonctionne – devrait être total et illimité. Cédez toujours à l'impératif de l'expérience directe au clavier ! » Outre l'ouvrage de Levy et les sources spécifiques citées ci-dessous, ce chapitre s'appuie sur : des entretiens de l'auteur avec Steve Russell et Stewart Brand ; Steve Russell, historique oral dirigé par Al Kossow, 9 août 2008, Computer History Museum ; J. Martin Graetz, « The Origin of Spacewar », *Creative Computing*, août 1981 ; Stewart Brand, « Spacewar », *Rolling Stone*, 7 décembre 1972.

2. Levy, *Hackers*, p. 7.

3. « Definition of Hackers », site Internet du Tech Model Railroad Club, <http://tmrc.mit.edu/hackers-ref.html>.

4. Brand, « Spacewar ».

5. Graetz, « The Origin of Spacewar ».

6. Steve Russell, historique oral, Computer History Museum ; Graetz, « The Origin of Spacewar ».

7. Entretien de l'auteur avec Steve Russell.

8. Graetz, « The Origin of Spacewar ».

9. Brand, « Spacewar ».

10. Entretien de l'auteur avec Steve Russell.

11. Les sources de cette section comprennent : des entretiens de l'auteur avec Nolan Bushnell, Al Alcorn, Steve Jobs (pour mon ouvrage précédent) et Steve Wozniak ; Tristan Donovan, *Replay : The Story of VideoGames* (Yellow Ant, 2010 ; emplacements de l'édition Kindle) – en français *Replay : la grande épopée du jeu*, Cergy : Pix'N Love, 2015 ; Steven Kent, *The Ultimate History of Video Games : From Pong to Pokemon* (Three Rivers, 2001) ; Scott Cohen, *Zap ! The Rise and Fall of Atari* (McGraw-Hill, 1984) ; Henry Lowood, « Videogames in Computer Space : The Complex History of Pong », *IEEE Annals*, juillet 2009 ; John Markoff, *What the Dormouse Said* (Viking, 2005, emplacements de l'édition Kindle) ; interview d'Al Alcorn, *Retro Gaming Roundup*, mai 2011 ; interview d'Al Alcorn par Cam Shea, *IGN*, 10 mars 2008.

12. Kent, *The Ultimate History of Video Games*, p. 12.

13. Entretien de l'auteur avec Nolan Bushnell.

14. Nolan Bushnell s'adresse à de jeunes chefs d'entreprise, Los Angeles, 17 mai 2013 (notes prises par l'auteur).

15. Donovan, *Replay*, e429.

16. Donovan, *Replay*, e439.

17. Eddie Adlum, cité dans Kent, *The Ultimate History of Video Games*, p. 42.

18. Kent, *The Ultimate History of Video Games*, p. 45.

19. Entretien de l'auteur avec Nolan Bushnell.

20. Entretien de l'auteur avec Nolan Bushnell.

21. Entretien de l'auteur avec Al Alcorn.

22. Donovan, *Replay*, e520.
23. Entretiens de l'auteur avec Nolan Bushnell & Al Alcorn. Ce récit est raconté de manière très similaire dans d'autres sources, souvent avec quelques embellissements.
24. Entretien de l'auteur avec Nolan Bushnell.
25. Nolan Bushnell s'adresse à de jeunes entrepreneurs, Los Angeles, 17 mai 2013.
26. Entretien de l'auteur avec Nolan Bushnell.
27. Donovan, *Replay*, e664.
28. Entretien de l'auteur avec Nolan Bushnell.

7. Internet

1. Les sources pour Vannevar Bush comprennent : Vannevar Bush, *Pieces of the Action* (Morrow, 1970) ; Pascal Zachary, *Endless Frontier : Vannevar Bush, Engineer of the American Century* (MIT, 1999) ; « Yankee Scientist », gros plan qui fait la couverture de *Time*, 3 avril 1944 ; Jerome Weisner, « Vannevar Bush : A Biographical Memoir », National Academy of Sciences, 1979 ; James Nyce & Paul Kahn, eds, *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine* (Academic Press, 1992) ; Jennet Conant, *Tuxedo Park* (Simon & Schuster, 2002) ; Vannevar Bush, historique oral, American Institute of Physics, 1964.
2. Weisner, « Vannevar Bush ».
3. Zachary, *Endless Frontier*, p. 23.
4. *Time*, 3 avril 1944.
5. *Time*, 3 avril 1944.
6. Bush, *Pieces of the Action*, p. 41.
7. Weisner, « Vannevar Bush ».
8. Vannevar Bush, *Science, the Endless Frontier* (National Science Foundation, juillet 1945), p. vii.
9. Bush, *Science*, p. 10.
10. Bush, *Pieces of the Action*, p. 65.
11. Joseph V. Kennedy, « The Sources and Uses of US Science Funding », *The New Atlantis*, été 2012.
12. Mitchell Waldrop, *The Dream Machine : J. C. R. Licklider and the Revolution That Made Computing Personal* (Penguin, 2001), p. 470. D'autres sources pour cette section comprennent : des entretiens de l'auteur avec Tracy Licklider (fils de J. C. R. Licklider), Larry Roberts et Bob Taylor ; Katie Hafner & Matthew Lyon, *Where Wizards Stay Up Late : The Origins of the Internet* (Simon & Schuster, 1998) – en français *Les sorciers du Net : les origines d'Internet*, Paris : Calmann-Lévy, 1999 ; J. C. R. Licklider, historique oral dirigé par William Aspray & Arthur Norberg, 28 octobre 1988, Charles Babbage Institute, université du Minnesota ; interview de J. C. R. Licklider par James Pelkey, « A History of Computer Communications », 28 juin 1988 (uniquement disponible en ligne, <http://www.historyofcomputercommunications.info/index.html>) ; Robert M. Fano, *Joseph Carl Robnett Licklider 1915-1990, a Biographical Memoir* (National Academies Press, 1998).
13. Licklider, historique oral, Charles Babbage Institute.
14. Norbert Wiener, « A Scientist's Dilemma in a Materialistic World » (1957), in *Collected Works*, vol. 4 (MIT, 1984), p. 709.
15. Entretien de l'auteur avec Tracy Licklider.
16. Entretien de l'auteur avec Tracy Licklider.

17. Waldrop, *The Dream Machine*, p. 237.
18. Bob Taylor, « In Memoriam : J. C. R. Licklider », 7 août, 1990, publication de la Digital Equipment Corporation.
19. Interview de J. C. R. Licklider par John A. N. Lee & Robert Rosin, « The Project MAC Interviews », *IEEE Annals of the History of Computing*, avril 1992.
20. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
21. Licklider, historique oral, Charles Babbage Institute.
22. J. C. R. Licklider, « Man-Computer Symbiosis », *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, mars 1960, <http://groups.csail.mit.edu/medg/people/psz/Licklider.html>.
23. David Walden & Raymond Nickerson, eds, *A Culture of Innovation : Insider Accounts of Computing and Life at BBN* (imprimé à titre privé à la librairie de Harvard en 2011), v. <http://walden-family.com/bbn/>.
24. Licklider, historique oral, Charles Babbage Institute.
25. J. C. R. Licklider, *Libraries of the Future* (MIT, 1965), p. 53.
26. Licklider, *Libraries of the Future*, p. 4.
27. Sherman Adams, *Firsthand Report : the Story of the Eisenhower Administration* (Harper, 1961), p. 415 ; Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e17.
28. Interview de James Killian, « War and Peace », *WGBH*, 18 avril 1986 ; James Killian, *Sputnik, Scientists, and Eisenhower* (MIT, 1982), p. 20.
29. Fred Turner, *From Counterculture to Cyberculture* (University of Chicago, 2006), p. 108. En français *Aux sources de l'utopie numérique : de la contre-culture à la cyberculture*, Caen : C&F Éditions, 2013.
30. Licklider, historique oral, Charles Babbage Institute.
31. Interview de Licklider par James Pelkey ; v. aussi James Pelkey, « Entrepreneurial Capitalism and Innovation », http://www.historyofcomputercommunications.info/Book/2/2.1-IntergalacticNetwork_1962-1964.html#_ftn1.
32. J. C. R. Licklider, « Memorandum for Members and Affiliates of the Intergalactic Computer Network », ARPA, 23 avril 1963. V. aussi J. C. R. Licklider & Welden Clark, « Online Man-Computer Communications », *Proceedings of AIEE-IRE*, printemps 1962.
33. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
34. Entretien de l'auteur avec Larry Roberts.
35. Bob Taylor, historique oral, Computer History Museum, 2008 ; Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
36. Michael Hiltzik, *Dealers of Lightning* (Harper, 1999 ; emplacements de l'édition Kindle), e536, e530.
37. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
38. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
39. Robert Taylor, historique oral, Computer History Museum ; entretien de l'auteur avec Bob Taylor ; Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e86.
40. Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e591, fournit la description la plus complète de cette rencontre. V. aussi Hiltzik, *Dealers of Lightning*, e1120 ; Kleinrock, historique oral ; « How the Web Was Won », *Vanity Fair*, juillet 2008.
41. Interview de Charles Herzfeld par Andreu Veà, « The Unknown History of the Internet », 2010, <http://www.computer.org/comphistory/pubs/2010-11-vea.pdf>.

42. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
43. Entretien de l'auteur avec Larry Roberts.
44. Entretien de l'auteur avec Larry Roberts.
45. Comme l'anecdote d'Herzfeld finançant ARPANET à la suite d'une réunion de vingt minutes, l'anecdote de Taylor qui recrute Roberts pour Washington a été souvent racontée. La présente version s'appuie sur : des entretiens de l'auteur avec Taylor et Roberts ; Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e667 ; Stephen Segaller, *Nerds 2.0.1* (TV Books, 1998), p. 47 ; Bob Taylor, historique oral, Computer History Museum ; Larry Roberts, « The Arpanet and Computer Networks », *Proceedings of the ACM Conference on the History of Personal Workstations*, 9 janvier 1986.
46. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
47. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
48. Entretien de l'auteur avec Larry Roberts.
49. Larry Roberts, historique oral, Charles Babbage Institute, 1989.
50. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
51. Janet Abbate, *Inventing the Internet* (MIT, 1999), p. 1012 ; Larry Roberts, historique oral, Charles Babbage Institute.
52. Wes Clark, historique oral dirigé par Judy O'Neill, 3 mai 1990, Charles Babbage Institute.
53. Il existe différentes versions de cette anecdote, dont certaines mentionnent un trajet en taxi. Bob Taylor tient à préciser qu'il conduisait une voiture de location. Cf. les entretiens de l'auteur avec Bob Taylor et Larry Roberts ; Robert Taylor, historique oral dirigé par Paul McJones, octobre 2008, Computer History Museum ; Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e1054 ; Stephen Segaller, *Nerds 2.0.1 : A Brief History of the Internet*, TV Books, 1998, p. 62.
54. Entretien de l'auteur avec Vinton Cerf.
55. Paul Baran, « On Distributed Computer Networks », *IEEE Transactions on Communications Systems*, mars 1964. Cette section consacrée à Baran s'appuie sur : John Naughton, *A Brief History of the Future* (Overlook, 2000), ch. 6 ; Abbate, *Inventing the Internet*, p. 314 & *passim* ; Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e723, e1119.
56. Interview de Paul Baran, in James Pelkey, « Entrepreneurial Capitalism and Innovation », http://www.historyofcomputercommunications.info/Book/2/2.4-Paul%20Baran-59-65.html#_ftn9.
57. Paul Baran, historique oral, « How the Web Was Won », *Vanity Fair*, juillet 2008 ; interview de Paul Baran par Stewart Brand, *Wired*, mars 2001 ; Paul Baran, historique oral dirigé par David Hochfelder, 24 octobre 1999, IEEE History Center ; Clayton Christensen, *The Innovator's Dilemma : When New Technologies Cause Great Firms to Fail* (Harvard Business Review Press, 1997).
58. Donald Davies, « A Historical Study of the Beginnings of Packet Switching », *Computer Journal*, British Computer Society, 2001 ; Abbate, *Inventing the Internet*, p. 558 ; entretien de l'auteur avec Larry Roberts ; Trevor Harris, « Who Is the Father of the Internet ? The Case for Donald Davies », <http://www.academia.edu>.
59. Entretien de l'auteur avec Leonard Kleinrock ; Leonard Kleinrock, historique oral dirigé par John Vardalas, IEEE History Center, 21 février 2004.
60. Entretien de l'auteur avec Leonard Kleinrock.
61. Kleinrock, historique oral, IEEE.
62. Segaller, *Nerds*, p. 34.

63. Entretiens de l'auteur avec Kleinrock, Roberts ; v. aussi : Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e1009 ; Segaller, *Nerds*, p. 53.

64. Leonard Kleinrock, « Information Flow in Large Communications Nets », proposition de thèse de doctorat, MIT, 31 mai 1961. V. aussi Leonard Kleinrock, *Communication Nets : Stochastic Message Flow and Design* (McGraw-Hill, 1964).

65. Site Internet personnel de Leonard Kleinrock, <http://www.lk.cs.ucla.edu/index.html>.

66. Leonard Kleinrock, « Memoirs of the Sixties », in Peter Salus, *The ARPANET Sourcebook* (Peer-to-Peer, 2008), p. 96.

67. Interview de Leonard Kleinrock, *Computing Now*, IEEE Computer Society, 1996. Kleinrock est cité dans Peter Salus, *Casting the Net* (Addison-Wesley, 1995), p. 52 : « J'ai été le premier à débattre des gains en performance que pouvait apporter le transfert par paquets. »

68. Entretien de l'auteur avec Taylor.

69. Entretien de l'auteur avec Kleinrock.

70. Donald Davies, « A Historical Study of the Beginnings of Packet Switching », *Computer Journal*, British Computer Society, 2001.

71. Alex McKenzie, « Comments on Dr Leonard Kleinrock's Claim to Be "the Father of Modern Data Networking" », 16 août 2009, <http://alexmckenzie.weebly.com/comments-on-kleinrocks-claims.html>.

72. Katie Hafner, « A Paternity Dispute Divides Net Pioneers », *New York Times*, 8 novembre 2001 ; Les Earnest, « Birthing the Internet », *New York Times*, 22 novembre 2001. Earnest minimise la distinction entre un système du type « enregistrement et transfert » et un système du type « commutation par paquets ».

73. Leonard Kleinrock, « Principles and Lessons in Packet Communications », *Proceedings of the IEEE*, novembre 1978.

74. Kleinrock, historique oral, Charles Babbage Institute, 3 avril 1990.

75. Leonard Kleinrock, « On Resource Sharing in a Distributed Communication Environment », *IEEE Communications Magazine*, mai 2002. Au moins un fidèle partisan soutenait la revendication de Kleinrock : son ami de longue date, partenaire de casino et collègue Larry Roberts. « Si vous lisez le bouquin de Len, il est clair qu'il découpe les fichiers en unités de message », m'a dit Roberts en 2014. Or, comme Kleinrock, Roberts avait précédemment attribué le principal mérite de la découverte du transfert par paquets à Baran. Il écrivait en 1978 : « La première description jamais publiée de ce que nous appelons maintenant le transfert par paquets était une analyse en onze volumes, "Sur les communications délocalisées", préparée par Paul Baran de la RAND Corporation en août 1964. » V. Lawrence Roberts, « The Evolution of Packet Switching », *Proceedings of the IEEE*, novembre 1978.

76. Paul Baran, historique oral, « How the Web Was Won », *Vanity Fair*, juillet 2008.

77. Interview de Paul Baran par Stewart Brand, *Wired*, mars 2001.

78. Paul Baran, « Introduction to Distributed Communications Networks », in *On Distributed Communications*, RAND, 1964, http://www.rand.org/pubs/research_memoranda/RM3420/RM3420-chapter1.html. Pour le sommaire (et les autres rapports de Baran pour la RAND), v. http://www.rand.org/pubs/authors/b/baran_paul.html. (NdT)

79. Segaller, *Nerds*, p. 70.

80. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor. J'ai fait partie de la rédaction de *Time* et je me souviens de cette polémique.

81. Mitchell Waldrop, *The Dream Machine* (Viking, 2001), p. 279.

82. Stephen Lukasik, « Why the ARPANET Was Built », *IEEE Annals of the History of Computing*, mars 2011 ; Stephen Lukasik, historique oral dirigé par Judy O'Neill, Charles

Babbage Institute, 17 octobre 1991.

83. Charles Herzfeld, « On ARPANET and Computers », non daté, http://inventors.about.com/library/inventors/bl_Charles_Herzfeld.htm.

84. « A Brief History of the Internet », Internet Society, 15 octobre 2012, <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>.

85. « NSFNET : A Partnership for High-Speed Networking : Final Report », 1995, http://www.merit.edu/documents/pdf/nsfnet/nsfnet_report.pdf.

86. Entretien de l'auteur avec Steve Crocker.

87. Entretien de l'auteur avec Leonard Kleinrock.

88. Entretien de l'auteur avec Robert Taylor.

89. Entretien de l'auteur avec Vinton Cerf ; Radia Joy Perlman, « Network Layer Protocols with Byzantine Robustness », thèse de doctorat, MIT, 1988, <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/14403>.

90. Abbate, *Inventing the Internet*, p. 180.

91. Entretien de l'auteur avec Taylor.

92. Interview de Larry Roberts par James Pelkey, http://www.historyofcomputercommunications.info/Book/2/2.9-BoltBeranekNewman-WinningBid-68%20.html#_ftn26.

93. Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e1506 & *passim*.

94. Pelkey, « A History of Computer Communications », <http://www.historyofcomputercommunications.info/index.html>, 2.9 ; Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e1528.

95. L'histoire des « RFC » de Steve Crocker a été racontée avec beaucoup de variations. La présente version s'appuie sur : mes entretiens avec Steve Crocker, Vinton Cerf, Leonard Kleinrock ; Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e2192 & *passim* ; Abbate, *Inventing the Internet*, p. 1330 & *passim* ; Stephen Crocker, historique oral dirigé par Judy E. O'Neill, 24 octobre 1991, Charles Babbage Institute, université du Minnesota ; Stephen Crocker, « How the Internet Got Its Rules », *New York Times*, 6 avril 2009 ; Cade Metz, « Meet the Man Who Invented the Instructions for the Internet », *Wired*, 18 mai 2012 ; Steve Crocker, « The Origins of RFCs », in « The Request for Comments Guide », RFC 1000, août 1987, <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1000.txt> ; Steve Crocker, « The First Pebble : Publication of RFC 1 », RFC 2555, 7 avril 1999.

96. Entretien de l'auteur avec Steve Crocker.

97. Crocker, « How the Internet Got Its Rules ».

98. Stephen Crocker, « Host Software », RFC 1, 7 avril 1969, <http://tools.ietf.org/html/rfc1>.

99. Crocker, « How the Internet Got Its Rules ».

100. Vinton Cerf, « The Great Conversation », RFC 2555, 7 avril 1999, <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2555.txt>.

101. « The IMP Log : October 1969 to April 1970 », Kleinrock Center for Internet Studies, UCLA, <http://internethistory.ucla.edu/the-imp-log-october-1969-to-april-1970/> ; Segaller, *Nerds*, p. 92 ; Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e2336.

102. Vinton Cerf, historique oral dirigé par Daniel Morrow, 21 novembre 2001, Computerworld Honors Program ; Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e2070 & *passim* ; Abbate, *Inventing the Internet*, p. 127 & *passim*.

103. Cerf, historique oral, Computerworld.

104. Robert Kahn, historique oral dirigé par Michael Geselowitz, 17 février 2004, IEEE

105. Vinton Cerf, historique oral dirigé par Judy O'Neill, 24 avril 1990, Charles Babbage Institute ; Vinton Cerf, « How the Internet Came to Be », novembre 1993, <http://www.netvalley.com/archives/mirrors/cerf-how-inet.html>.

106. Robert Kahn, historique oral dirigé par by David Allison, 20 avril 1995, Computerworld Honors Program.

107. « The Poems », RFC 1121, septembre 1989.

108. Entretien de l'auteur avec Vinton Cerf.

109. Hafner & Lyon, *Where Wizards Stay Up Late*, e1163.

110. David D. Clark, « A Cloudy Crystal Ball », Laboratoire d'informatique du MIT, juillet 1992, http://groups.csail.mit.edu/ana/People/DDC/future_ietf_92.pdf.

111. J. C. R. Licklider & Robert Taylor, « The Computer as a Communication Device », *Science and Technology*, avril 1968.

8. L'ordinateur individuel

1. Vannevar Bush, « As We May Think », *Atlantic*, juillet 1945.

2. Dave Ahl, qui assistait à cette réunion, a déclaré : « Il échet à Ken Olsen de prendre une décision. Je n'oublierai jamais ses paroles fatidiques : "Je ne vois pas pourquoi quiconque voudrait avoir son ordinateur personnel." » (John Anderson, « Dave Tells Ahl », *Creative Computing*, novembre 1984). Pour la défense d'Olsen, v. <http://www.snopes.com/quotes/kenolsen.asp>, mais cet article ne traite pas de l'affirmation d'Ahl selon laquelle Olsen aurait fait cette déclaration en discutant avec son équipe du développement éventuel d'une version individuelle du PDP-8.

3. En 1995, Stewart Brand écrivit pour *Time* un essai que je lui avais commandé, intitulé « Tout ça, c'est grâce aux hippies ». Il soulignait le rôle de la contre-culture dans la naissance de l'ordinateur individuel. Le présent chapitre s'appuie aussi sur cinq ouvrages perspicaces et bien documentés sur la manière dont la contre-culture a contribué à façonner la révolution de l'ordinateur individuel : Steven Levy, *Hackers* (Anchor/Doubleday, 1984 ; pagination de la réédition du vingt-cinquième anniversaire, O'Reilly, 2010) ; Paul Freiberger & Michael Swaine, *Fire in the Valley* (Osborne, 1984) ; John Markoff, *What the Dormouse Said* (Viking, 2005, emplacements de l'édition Kindle) ; Fred Turner, *From Counterculture to Cyberculture* (University of Chicago, 2006) ; Theodore Roszak, *From Satori to Silicon Valley* (Don't Call It Frisco Press, 1986).

4. Message de Liza Loop à propos de la version préliminaire en *crowdsourcing* du présent ouvrage affichée sur le site Internet collaboratif Medium.com et courriel à l'auteur, 2013.

5. Message de Lee Felsenstein à propos de la version préliminaire en *crowdsourcing* du présent ouvrage affichée sur le site Internet collaboratif Medium.com, 2013. V. aussi « More Than Just Digital Quilting », *Economist*, 3 décembre 2011 ; Victoria Sherrow, *Huskings, Quiltings, and Barn Raisings : Work-Play Parties in Early America* (Walker, 1992).

6. Affiches et programmes des « acid tests » dans Phil Lesh, « The Acid Test Chronicles », <http://www.postertrip.com/public/5586.cfm> ; Tom Wolfe, *The Electric Kool-Aid Acid Test* (Farrar, Straus and Giroux, 1987), p. 251 & *passim* ; en français *Acid test : Chronique*, Paris : Seuil, 1996.

7. Turner, *From Counterculture to Cyberculture*, p. 29, d'après Lewis Mumford, *Myth of the Machine* (Harcourt, Brace, 1967), p. 3. Les images évoquées dans ce paragraphe rappellent précisément certains plans du film *Alphaville* de Jean-Luc Godard, opportunément sorti en 1965. (NdT)

8. Markoff, *What the Dormouse Said*, e165. Le Loir est un personnage de la scène du « Thé chez les fous » dans *Alice au Pays des merveilles*. (NdT)

9. Charles Reich, *The Greening of America* (Random House, 1970), p. 5 ; en français *Le Regain américain, une révolution pour le bonheur*, Paris : Laffont, 1971.

10. Entretien de l'auteur avec Ken Goffman (« R. U. Sirius ») ; Mark Dery, *Escape Velocity : Cyberculture at the End of the Century* (Grove, 1966), p. 22 – en français *Vitesse virtuelle : la cyberculture aujourd'hui*, Paris : Abbeville, 1997 ; trad. Georges Charreau ; Timothy Leary, *Cyberpunks CyberFreedom : Change reality Screens* (Ronin, 2008), p. 170.

11. Première publication en édition limitée par la Communication Company, San Francisco, 1967.

12. L'article de Brand figurait dans un numéro spécial « Cyberspace » de *Time* (mars 1995), lequel prolongeait le sujet principal du *Time* du 8 février 1993, « Cyberpunks », où Phil Elmer-Dewitt explorait lui aussi les influences contre-culturelles entourant l'ordinateur, les services en ligne comme The WELL et Internet.

13. Cette section s'appuie sur : des entretiens de l'auteur avec Stewart Brand ; Stewart Brand, « "Whole Earth" Origin » 1976, http://sb.longnow.org/SB_homepage/WholeEarth_buton.html ; Turner, *From Counterculture to Cyberculture* ; Markoff, *What the Dormouse Said*. L'ouvrage de Turner se concentre sur Brand.

14. Entretien de l'auteur avec Stewart Brand ; commentaires publics de Stewart Brand sur une version préliminaire du présent chapitre affichée sur Medium.com.

15. Stewart Brand, « Spacewar : Fanatic Life and Symbolic Death among the Computer Bums », *Rolling Stone*, 7 décembre 1972.

16. Commentaires de Stewart Brand sur mon brouillon en *crowdsourcing* affiché sur Medium.com ; entretiens et correspondance électronique de Stewart Brand avec l'auteur, 2013 ; affiche et programmes du Trips Festival, <http://www.postertrip.com/public/5577.cfm> et http://www.lysergia.com/MerryPranksters/MerryPranksters_post.htm ; Wolfe, *Electric Kool-Aid Test*, p. 259. Sous leur forme la plus simple, les *light-machines* étaient à l'origine des sortes de projecteurs au foyer desquels, à la place d'une diapositive, se trouvait une double lame de verre interchangeable remplie d'un liquide produisant des motifs colorés qui changeaient sous la chaleur de la lampe. (NdT)

17. Turner, *From Counterculture to Cyberculture*, p. 67.

18. Entretien de l'auteur avec Stewart Brand ; Brand, « "Whole Earth" Origin ».

19. Brand, « "Whole Earth" Origin » ; entretien de l'auteur avec Stewart Brand.

20. *Whole Earth Catalog*, automne 1968, <http://www.wholeearth.com/>. Cf. l'allocation de Steve Jobs du 12 juin 2005 aux étudiants de Stanford : « Dans ma jeunesse, il y avait une publication incroyable intitulée *Whole Earth Catalog*, qui était une des bibles de ma génération [...] C'était pendant les années 1960, avant l'ordinateur individuel et la PAO, tout était fait avec des machines à écrire, des ciseaux et des Polaroid. C'était un peu comme Google en format papier, trente-cinq ans avant l'existence de Google. C'était une revue idéaliste débordant d'outils épataants et de notions géniales. » V. <http://news.stanford.edu/news/2005/june15/jobs-061505.html>. (NdT)

21. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein.

22. Le meilleur ouvrage sur Engelbart est celui de Thierry Bardini, *Bootstrapping : Douglas Engelbart, Coevolution, and the Origins of Personal Computing* (Stanford, 2000). Cette section s'appuie aussi sur Douglas Engelbart, historique oral (quatre séances), dirigé par Judy Adams & Henry Lowood, Stanford, <http://www-sul.stanford.edu/depts/hasrg/histsci/ssvoral/engelbart/start1.html> ; Douglas Engelbart, historique oral dirigé par Jon Eklund, Smithsonian Institution, 4 mai 1994 ; Christina Engelbart, « A Lifetime Pursuit », portrait biographique rédigé en 1986 par sa fille, <http://www.doungengelbart.org/history/engelbart.html#10a> ; « Tribute to Doug Engelbart », recueil de réminiscences de ses collègues et de ses amis, <http://tribute2doug.wordpress.com/> ; entretiens avec Douglas Engelbart, in Valerie Landau & Eileen Clegg, *The Engelbart Hypothesis : Dialogs with Douglas Engelbart* (Next Press, 2009) et <http://engelbartbookdialogues.wordpress.com/> ; les Doug Engelbart Archives, qui comprennent un

grand nombre de vidéos et d'interviews, <http://dougengelbart.org/library/engelbart-archives.html> ; Susan Barnes, « Douglas Carl Engelbart : Developing the Underlying Concepts for Contemporary Computing », *IEEE Annals of the History of Computing*, juillet 1997 ; Markoff, *What the Dormouse Said*, e417 ; Turner, *From Counterculture to Cyberculture*, p. 110 ; Bardini, *Bootstrapping*, p. 138.

23. Douglas Engelbart, historique oral, Stanford, interview n° 1, 19 décembre 1986.

24. L'extrait publié dans *Life* du 10 septembre 1945 était abondamment illustré de dessins du *memex* proposé. (Ce numéro historique comportait aussi des photos aériennes d'Hiroshima après le largage de la bombe atomique).

25. Douglas Engelbart, historique oral, Smithsonian, 1994.

26. Douglas Engelbart, historique oral, Stanford, interview n° 1, 19 décembre 1986.

27. Landau & Clegg, *The Engelbart Hypothesis*.

28. Douglas Engelbart, historique oral, Stanford, interview n° 1, 19 décembre 1986.

29. Cette citation est tirée de Nilo Lindgren, « Toward the Decentralized Intellectual Workshop », *Innovation*, septembre 1971, cité par Howard Rheingold dans *Tools for Thought : the History and Future of Mind-Expanding Technology* (MIT, 2000), p. 178. V. aussi Steven Levy, *Insanely Great* (Viking, 1994), p. 36.

30. Douglas Engelbart, historique oral, Stanford, interview n° 3, 4 mars 1987.

31. Douglas Engelbart, « Augmenting Human Intellect », document préparé pour le directeur des Sciences de l'information au bureau de la Recherche scientifique de l'armée de l'air américaine en octobre 1962.

32. Lettre de Douglas Engelbart à Vannevar Bush, 24 mai 1962, conservée aux archives du MIT/Brown Vannevar Bush Symposium, <http://www.dougengelbart.org/events/vannevar-bush-symposium.html>.

33. Douglas Engelbart, historique oral, Stanford, interview n° 2, 14 janvier 1987.

34. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.

35. Douglas Engelbart, historique oral, Stanford, interview n° 3, 4 mars 1987.

36. Landau & Clegg, « Engelbart on the Mouse and Keyset », dans *The Engelbart Hypothesis* ; William English, Douglas Engelbart & Melvyn Berman, « Display Selection Techniques for Text Manipulation », *IEEE Transactions on Human-Factors in Electronics*, mars 1967.

37. Douglas Engelbart, historique oral, Stanford, interview n° 3, 4 mars 1987.

38. Landau & Clegg, « Mother of All Demos », dans *The Engelbart Hypothesis*.

39. La vidéo de « La Mère de toutes les démos » est visible à l'adresse <http://sloan.stanford.edu/MouseSite/1968Demo.html#complete>. Cette section s'appuie aussi sur Landau & Clegg, « Mother of All Demos », dans *The Engelbart Hypothesis*.

40. Rheingold, *Tools for Thought*, p.190. Chuck Yeager était le pilote de l'avion expérimental Bell X-1 et le premier homme à passer le mur du son. (NdT)

41. Entretien de l'auteur avec Stewart Brand ; vidéo de « Mother of All Demos ».

42. Markoff, *What the Dormouse Said*, e2734. John Markoff a trouvé les informations sur la démonstration de Les Earnest dans les archives microfilmées de Stanford. Son livre fournit une bonne analyse de la distinction entre intelligence augmentée et intelligence artificielle.

43. Markoff, *What the Dormouse Said*, e2838.

44. Entretien de l'auteur avec Alan Kay. Il a lu des sections du présent ouvrage, émis des commentaires et suggéré des corrections. Cette section s'appuie aussi sur : Alan Kay, « The Early History of Smalltalk », *ACM SIGPLAN Notices*, mars 1993 ; Michael Hiltzik, *Dealers of Lightning* (Harper, 1999 ; emplacements de l'édition Kindle), ch. 6.

45. Entretien de l'auteur avec Alan Kay ; Landau & Clegg, « Reflections by Fellow Pioneers », dans *The Engelbart Hypothesis* ; exposé d'Alan Kay, table ronde du trentenaire de « la Mère de toutes les démos », archive Internet, https://archive.org/details/XD1902_1EngelbartsUnfinishedRev30AnnSes2. V. aussi Paul Spinrad, « The Prophet of Menlo Park », http://coe.berkeley.edu/news-center/publications/forefront/archive/copy_of_forefront-fall-2008/features/the-prophet-of-menlo-park-douglas-engelbart-carries-on-his-vision. Après avoir lu un avant-projet de cette section, Alan Kay a clarifié certains de ses propos recueillis dans des conférences et interviews antérieures et j'ai modifié certaines de ses citations en m'inspirant de ses suggestions.

46. Cathy Lazere, « Alan C. Kay : A Clear Romantic Vision », 1994, <http://www.cs.nyu.edu/courses/fall04/G22.2110-001/kaymini.pdf>.

47. Entretien de l'auteur avec Alan Kay. V. aussi Alan Kay, « The Center of Why », conférence du prix Kyoto, 11 novembre 2004.

48. Entretien de l'auteur avec Alan Kay ; Ivan Sutherland, « Sketchpad », thèse de doctorat, MIT, 1963 ; Howard Rheingold, « Inventing the Future with Alan Kay », The WELL, <http://www.well.com/user/hlr/texts/Alan%20Kay>.

49. Hiltzik, *Dealers of Lightning*, e1895 ; correspondance électronique entre l'auteur et Alan Kay.

50. Exposé d'Alan Kay, table ronde du trentenaire de « la Mère de toutes les démos » ; Kay, « The Early History of Smalltalk ».

51. Kay, « The Early History of Smalltalk ».

52. Kay, « The Early History of Smalltalk ». (Comprend toutes les citations des paragraphes précédents.)

53. John McCarthy, « The Home Information Terminal – A 1970 View », 1^{er} juin 2000, <http://www-formal.stanford.edu/jmc/hoter2.pdf>.

54. Markoff, *What the Dormouse Said*, e4535.

55. Markoff, *What the Dormouse Said*, e2381.

56. Outre les citations ci-dessous, *Dealers of Lightning* de Michael Hiltzik et « The Early History of Smalltalk » d'Alan Kay cités ci-dessus, cette section s'appuie sur : Douglas Smith & Robert Alexander, *Fumbling the Future : How Xerox Invented, Then Ignored, the First Personal Computer* (Morrow, 1988) et sur des entretiens de l'auteur avec Alan Kay, Bob Taylor et John Seeley Brown.

57. Charles P. Thacker, « Personal Distributed Computing : The Alto and Ethernet Hardware », ACM Conference on History of Personal Workstations, 1986. V. aussi Butler W. Lampson, « Personal Distributed Computing : The Alto and Ethernet Software », *ibid*. Ces deux articles, qui ont le même titre, sont consultables à l'adresse <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/blampson/38-AltoSoftware/Abstract.html>.

58. Linda Hill, Greg Brandeau, Emily Truelove & Kent Linebeck, *Collective Genius : The Art and Practice of Leading Innovation* (Harvard Business Review Press, 2014) ; Hiltzik, *Dealers of Lightning*, e2764 ; entretien de l'auteur avec Bob Taylor.

59. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.

60. Hiltzik, *Dealers of Lightning*, e1973, e2405.

61. Stewart Brand, « Spacewar », *Rolling Stone*, 7 décembre 1972.

62. Alan Kay, « Microelectronics and the Personal Computer », *Scientific American*, septembre 1977.

63. Alan Kay, « A Personal Computer for Children of All Ages », *Proceedings of the ACM Annual Conference*, 1972. Son dactylogramme est visible à l'adresse <http://www.mprove.de/diplom/gui/Kay72a.pdf>.

64. Kay, « The Early History of Smalltalk » ; entretien de l'auteur avec Alan Kay.
65. Hiltzik, *Dealers of Lightning*, e3069.
66. Kay, « The Early History of Smalltalk » ; Hiltzik, *Dealers of Lightning*, e3102.
67. Kay, « The Early History of Smalltalk » ; entretien de l'auteur avec Alan Kay.
68. Kay, « The Early History of Smalltalk » (v. section IV, « The First Real Smalltalk ») ; entretiens de l'auteur avec Alan Kay et Bob Taylor ; Hiltzik, *Dealers of Lightning*, e3128 ; Markoff, *What the Dormouse Said*, e3940 ; Butler Lampson, « Why Alto ? », note de service Xerox, 18 décembre 1972, <http://www.digibarn.com/friends/butler-lampson/>.
69. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor ; Thacker, « Personal Distributed Computing ».
70. Engelbart, historique oral, Stanford, interview n° 4, 1^{er} avril 1987.
71. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor.
72. Interview d'Alan Kay par Kate Kane, *Perspectives on Business Innovation*, mai 2002.
73. Débat avec Bob Taylor, université du Texas, 17 septembre 2009, dirigé par John Markoff, <http://transcriptvids.com/v/jvbGAPJSDJI.html>.
74. Entretien de l'auteur avec Bob Taylor ; Hiltzik, *Dealers of Lightning*, e4834.
75. L'histoire de Fred Moore est racontée en détail par Levy dans *Hackers* et par Markoff dans *What the Dormouse Said*.
76. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein.
77. Vidéo de l'enterrement festif du *Whole Earth Catalog*, <http://mediaburn.org/video/aspects-of-demise-the-whole-earth-demise-party-2/> ; Levy, *Hackers*, p. 197 ; entretien de l'auteur avec Stewart Brand ; Stewart Brand, « Demise Party, etc. », <http://www.wholeearth.com/issue/1180/article/321/history--demise.party.etc>.
78. Markoff, *What the Dormouse Said*, e3335.
79. Outre les sources qui viennent d'être citées, v. Thomas Albright & Charles Moore, « The Last Twelve Hours of the Whole Earth », *Rolling Stone*, 8 juillet 1971 ; Barry Lopez, « Whole Earth's Suicide Party », *Washington Post*, 14 juin 1971.
80. Entretien de l'auteur avec Bob Albrecht ; notes d'Albrecht qu'il m'a communiquées.
81. Archives de la People's Computer Company et ses bulletins d'information, <http://www.digibarn.com/collections/newsletters/peoples-computer/>.
82. Entretien de l'auteur avec Bob Albrecht.
83. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein. Cette section s'appuie aussi sur : un mémoire inédit de dix-sept chapitres que Felsenstein a rédigé et qu'il a mis à ma disposition ; les articles de Felsenstein « Tom Swift Lives ! » et « Convivial Design » dans *People's Computer Company* ; son article « My Path through the Free Speech Movement and Beyond », du 22 février 2005, qu'il a mis à ma disposition ; les essais autobiographiques qu'il a affichés sur <http://www.leefelsenstein.com/> ; Freiburger & Swaine, *Fire in the Valley*, pp. 99-102 ; Levy, *Hackers*, p. 153 & *passim* ; Markoff, *What the Dormouse Said*, e4375 & *passim*.
84. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein.
85. Entretien de l'auteur avec Felsenstein ; Lee Felsenstein, « Philadelphia 1945-1963 », http://www.leefelsenstein.com/?page_id=16 ; « oral history of Lee Felsenstein », dirigée par Kip Crosby, 7 mai 2008, Computer History Museum.
86. Felsenstein, « My Path through the Free Speech Movement and Beyond ».
87. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein.
88. Felsenstein, « My Path through the Free Speech Movement and Beyond ».

89. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein ; mémoire inédit de Felsenstein.
90. Le mémoire inédit de Felsenstein, qu'il a mis à ma disposition, comporte un chapitre entier sur l'anecdote de la radio de la police.
91. Felsenstein, « My Path through the Free Speech Movement and Beyond. »
92. Lee Felsenstein, « Explorations in the Underground », http://www.leefelsenstein.com/?page_id=50.
93. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein.
94. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein ; mémoire inédit de Felsenstein.
95. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein.
96. Levy, *Hackers*, p. 160.
97. Ken Colstad & Efreem Lipkin, « Community Memory : A Public Information Network », *ACM SIGCAS Computers and Society*, décembre 1975. Pour les archives de la *Resource One Newsletter*, v. <http://www.well.com/~szpak/cm/index.html>.
98. Doug Schuler, « Community Networks : Building a New Participatory Medium », *Communications of the ACM*, janvier 1994. V. aussi le prospectus de Community Memory sur The WELL, <http://www.well.com/~szpak/cm/cmflyer.html> : « Nous avons un outil puissant – un génie – à notre disposition. »
99. R. U. Sirius & St. Jude, *How to Mutate and Take Over the World* (Ballantine, 1996) ; Betsy Isaacson, « St. Jude », mémoire de maîtrise, université Harvard, 2012.
100. Lee Felsenstein, « Resource One/Community Memory », http://www.leefelsenstein.com/?page_id=44.
101. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein ; Felsenstein, « Resource One/Community Memory ».
102. Ivan Illich, *Tools for Conviviality* (Harper, 1973), p. 17 – en français, *La Convivialité*, Paris : Seuil, 1975 ; trad. Luce Giard.
103. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein.
104. Lee Felsenstein, « The Maker Movement – Looks Like Revolution to Me », discours prononcé à la Bay Area Maker Faire, le 18 mai 2013. V. aussi Evgeny Morozov, « Making It », *New Yorker*, 13 janvier, 2014.
105. Lee Felsenstein, « Tom Swift Terminal, or a Convivial Cybernetic Device », http://www.leefelsenstein.com/wp-content/uploads/2013/01/TST_scan_150.pdf ; Lee Felsenstein, « Social Media Technology », http://www.leefelsenstein.com/?page_id=125. L'adolescent Tom Swift est un inventeur et le personnage principal d'une série prolifique de livres de science-fiction pour la jeunesse écrite sous le pseudonyme collectif de « Victor Appleton. (NdT)
106. Bulletin n° 1 du Homebrew Computer Club, DigiBarn Computer Museum, http://www.digibarn.com/collections/newsletters/homebrew/V1_01/ ; Levy, *Hackers*, p. 167. La première TV Typewriter (« machine à écrire sur écran TV »), inventée par Don Lancaster, figurait sur la couverture de *Radio-Electronics* de septembre 1973. (NdT)
107. Commentaires de Lee Felsenstein sur mon brouillon en *crowdsourcing* affiché sur Medium.com, 20 décembre 2013. Rien ne prouve qu'un des pilotes personnels d'Eisenhower aurait changé de sexe.
108. Cette section s'appuie sur : interview d'Ed Roberts par Art Salsberg, *Modern Electronics*, octobre 1984 ; interview d'Ed Roberts par David Greelish, *Historically Brewed*, 1995 ; Levy, *Hackers*, p. 186 & *passim* ; Forrest M. Mims III, « The Altair Story : Early Days at MITS », *Creative Computing*, novembre 1984 ; Freiburger & Swaine, *Fire in the Valley*, p. 35 & *passim*.
109. Levy, *Hackers*, p. 186.

110. Mims, « The Altair Story ».
111. Levy, *Hackers*, p. 187.
112. Levy, *Hackers*, p. 187.
113. Les Solomon, « Solomon's Memory », archives Atari, http://www.atariarchives.org/deli/solomons_memory.php ; Levy, *Hackers*, p. 189 & *passim* ; Mims, « The Altair Story ».
114. H. Edward Roberts & William Yates, « Altair 8800 Minicomputer », *Popular Electronics*, janvier 1975.
115. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.
116. Michael Riordan & Lillian Hoddeson, « Crystal Fire », *IEEE SCS News*, printemps 2007, adapté de *Crystal Fire* (Norton, 1977).
117. Entretiens de l'auteur avec Lee Felsenstein, Steve Wozniak, Steve Jobs et Bob Albrecht. Cette section s'appuie aussi sur : les différents récits des origines du Homebrew Computer Club dans Wozniak, *iWoz* (Norton, 2006) ; Markoff, *What the Dormouse Said*, e4493 & *passim* ; Levy, *Hackers*, p. 201 & *passim* ; Freiburger & Swaine, *Fire in the Valley*, p. 109 & *passim* ; Steve Wozniak, « Homebrew and How the Apple Came to Be », http://www.atariarchives.org/deli/homebrew_and_how_the_apple.php ; archives Homebrew exposées au Computer History Museum ; archives du bulletin Homebrew, <http://www.digibarn.com/collections/newsletters/homebrew/> ; Bob Lash, « Memoir of a Homebrew Computer Club Member », <http://www.bambi.net/bob/homebrew.html>.
118. Steve Dompier, « Music of a Sort », *Peoples Computer Company*, mai 1975. V. aussi Freiburger & Swaine, *Fire in the Valley*, p. 129 ; Levy, *Hackers*, p. 204. Pour le code de Dompier, v. http://kevindriscoll.org/projects/ccswg2012/fool_on_a_hill.html.
119. Bill Gates, « Software Contest Winners Announced », *Computer Notes*, juillet 1975.

9. Le logiciel

1. Entretien de l'auteur avec Bill Gates ; Paul Allen, *Idea Man* (Portfolio, 2011, emplacements de l'édition Kindle), e129. Cette section s'appuie aussi sur : une interview classique de 2013 et d'autres conversations que j'ai eues avec Bill Gates ; le temps que j'ai passé avec lui, son père et ses collègues pour écrire un article, « In Search of the Real Bill Gates », qui a fait la couverture de *Time* le 13 janvier 1997 ; des courriels de Bill Gates Sr ; Stephen Manes & Paul Andrews, *Gates* (Doubleday, 1993, emplacements de l'édition Kindle) ; James Wallace & Jim Erickson, *Hard Drive : Bill Gates and the Making of the Microsoft Empire* (Wiley, 1992) ; Bill Gates, historique oral dirigé par Mark Dickison, Henry Ford Innovation Series, 30 juin 2009 ; interview de Bill Gates par David Allison, Smithsonian Institution, avril 1995 ; d'autres historiques oraux non publics mis à disposition par Bill Gates.

2. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 38.

3. Allen, *Idea Man*, e1069.

4. Entretien de l'auteur avec Bill Gates. V. aussi Bill Gates, historique oral, Ford Innovation Series.

5. Isaacson, « In Search of the Real Bill Gates ».

6. Isaacson, « In Search of the Real Bill Gates ».

7. Entretien de l'auteur avec Bill Gates Sr.

8. Manes & Andrews, *Gates*, e715.

9. Entretien de l'auteur avec Bill Gates Sr. D'après la loi scout : « Un scout n'a qu'une parole, il est loyal, utile, amical, courtois, bon, discipliné, de bonne humeur, économe, courageux, propre, et respectueux. »

10. Manes & Andrews, *Gates*, e583, e659.

11. Entretien de l'auteur avec Bill Gates Sr.

12. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 21.

13. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.

14. Allen, *Idea Man*, e502.

15. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 25.

16. Allen, *Idea Man*, e511.

17. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 26.

18. Allen, *Idea Man*, e751.

19. Entretien de l'auteur avec Bill Gates ; Isaacson, « In Search of the Real Bill Gates ».

20. Entretien de l'auteur avec Bill Gates. (Également dans d'autres historiques oraux.)

21. Manes & Andrews, *Gates*, e924.

22. Entretiens de l'auteur avec Bill Gates et Bill Gates Sr.

23. Entretien de l'auteur avec Steve Russell.

24. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 31.

25. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.

26. Allen, *Idea Man*, e616 ; entretiens de l'auteur avec Steve Russell et Bill Gates.

27. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.

28. Paul Freiburger & Michael Swaine, *Fire in the Valley* (Osborne, 1984), p. 21 ; entretien

de l'auteur avec Bill Gates ; Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 35.

29. Allen, *Idea Man*, e719.

30. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 42.

31. Entretien de l'auteur avec Bill Gates ; Isaacson, « In Search of the Real Bill Gates ».

32. Entretien de l'auteur avec Bill Gates ; Bill Gates, historique oral avec Larry Cohen et Brent Schlender, mis à ma disposition par Bill Gates.

33. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 43.

34. Entretiens de l'auteur avec Bill Gates.

35. Allen, *Idea Man*, e811.

36. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 43.

37. Entretien de l'auteur avec Bill Gates ; Allen, *Idea Man*, e101.

38. Entretien de l'auteur avec Bill Gates ; Allen, *Idea Man*, e849.

39. Allen, *Idea Man*, e860.

40. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 45 ; Manes & Andrews, *Gates*, e458.

41. Manes & Andrews, *Gates*, e1445 ; Allen, *Idea Man*, e917 ; entretien de l'auteur avec Bill Gates.

42. Allen, *Idea Man*, e942.

43. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.

44. Allen, *Idea Man*, e969.

45. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, e55. Une version antérieure de cette section a été publiée dans la *Harvard Gazette*, et la version actuelle tire parti des commentaires et corrections de Gates et d'autres lecteurs.

46. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.

47. Nicholas Josefowitz, « College Friends Remember Bill Gates », *Harvard Crimson*, 4 juin 2002.

48. Manes & Andrews, *Gates*, e1564.

49. « Bill Gates to Sign Off at Microsoft », AFP, 28 juin 2008.

50. William H. Gates & Christos P. Papadimitriou, « Bounds for Sorting by Prefix Reversal », *Discrete Mathematics*, 1979 ; Harry Lewis, « Reinventing the Classroom », *Harvard Magazine*, septembre 2012 ; David Kestenbaum, « Before Microsoft, Gates Solved a Pancake Problem », réseau radio NPR, 4 juillet 2008.

51. Allen, *Idea Man*, p. 62.

52. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.

53. Allen, *Idea Man*, e1058.

54. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.

55. Lettre de Bill Gates & Paul Allen à Ed Roberts, 2 janvier 1975 ; Manes & Andrews, *Gates*, e1810.

56. Allen, *Idea Man*, e160.

57. Allen, *Idea Man*, e1103.

58. Manes & Andrews, *Gates*, e1874.

59. Entretien de l'auteur avec Bill Gates ; Allen, *Idea Man*, e1117.
60. Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 76.
61. Allen, *Idea Man*, e1163.
62. Allen, *Idea Man*, e1204.
63. Allen, *Idea Man*, e1223 ; Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 81.
64. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.
65. Remarques de Bill Gates, *Harvard Gazette*, 7 juin 2007.
66. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.
67. Cette section sur Gates à Albuquerque s'appuie sur : Allen, *Idea Man*, a1214 & *passim* ; Manes & Andrews, *Gates*, e2011 & *passim* ; Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 85 & *passim*.
68. Bill Gates, historique oral, Henry Ford Innovation Series.
69. Allen, *Idea Man*, e1513.
70. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.
71. Allen, *Idea Man*, e1465 ; Manes & Andrews, *Gates*, e2975 ; Wallace & Erickson, *Hard Drive*, p. 130.
72. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.
73. Allen, *Idea Man*, e1376.
74. Fred Moore, « It's a Hobby », bulletin du Homebrew Computer Club, 7 juin 1975.
75. John Markoff, *What the Dormouse Said* (Viking, 2005 ; emplacements de l'édition Kindle), e4633 ; Steven Levy, *Hackers* (Anchor/Doubleday, 1984 ; emplacements de la réédition Kindle dite du vingt-cinquième anniversaire, O'Reilly, 2010), e231.
76. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein ; Lee Felsenstein, historique oral dirigé par Kip Crosby, Computer History Museum, 7 mai 2008.
77. Bulletin du Homebrew Computer Club, 3 février 1976, http://www.digibarn.com/collections/newsletters/homebrew/V2_01/gatesletter.html.
78. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.
79. Harold Singer, « Open Letter to Ed Roberts », bulletin du Micro-8 Computer User Group, 28 mars 1976.
80. Entretien de l'auteur avec Lee Felsenstein.
81. Interview de Bill Gates, *Playboy*, juillet 1994.
82. Cette section s'inspire de mon précédent ouvrage, *Steve Jobs* (Lattès, 2011), qui se fondait sur des entretiens avec, entre autres, Steve Jobs, Steve Wozniak, Nolan Bushnell, Al Alcorn. La biographie de Jobs comprend une bibliographie et des notes donnant les références. Pour le présent ouvrage, j'ai interviewé à nouveau Bushnell, Alcorn et Wozniak. Cette section s'appuie aussi sur : Steve Wozniak, *iWoz* (Norton, 1984) – en français *iWoz*, Paris : Globe, 2013 ; trad. Lucie Delplanque ; Steve Wozniak, « Homebrew and How the Apple Came to Be » http://www.atariarchives.org/deli/homebrew_and_how_the_apple.php.
83. Lorsque j'ai affiché un premier jet de certaines parties du présent ouvrage pour solliciter des commentaires et des corrections en *crowdsourcing* sur le site Medium.com, Dan Bricklin a émis des suggestions utiles. Nous avons échangé des idées sur la création de VisiCalc, et j'ai subséquemment ajouté cette section au livre. Elle s'appuie en partie sur des échanges de courriels avec Dan Bricklin et Bob Frankston et sur le ch. 12, « VisiCalc », du livre de Bricklin, *Bricklin on Technology* (Wiley, 2009).
84. Courriel de Dan Bricklin à l'auteur ; Dan Bricklin, « The Idea », <http://>

85. Peter Ruell, « A Vision of Computing's Future », *Harvard Gazette*, 22 mars 2012.
86. Bob Frankston, « Implementing VisiCalc », inédit, 6 avril 2002.
87. Frankston, « Implementing VisiCalc ».
88. Entretien de l'auteur avec Steve Jobs.
89. « The Birth of the IBM PC » (histoire en interne de l'entreprise IBM), http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/pc25/pc25_birth.html.
90. Manes & Andrews, *Gates*, e3629.
91. Manes & Andrews, *Gates*, e3642 ; interview de Steve Ballmer, « Triumph of the Nerds », 2^e partie, réseau câblé PBS, juin 1996. V. aussi James Chposky & Ted Leonsis, *Blue Magic* (Facts on File, 1988), ch. 9.
92. Interview de Bill Gates & Paul Allen par Brent Schlender, *Fortune*, 2 octobre 1995.
93. Interview de Steve Ballmer, « Triumph of the Nerds », 2^e partie, réseau câblé PBS, juin 1996
94. Interview de Jack Sams, « Triumph of the Nerds », 2^e partie, réseau câblé PBS, juin 1996. V. aussi Steve Hamm & Jay Greene, « The Man Who Could Have Been Bill Gates », *Business Week*, 24 octobre 2004.
95. Interviews de Tim Paterson & Paul Allen, « Triumph of the Nerds », 2^e partie, réseau câblé PBS, juin 1996.
96. Interviews de Steve Ballmer & Paul Allen, « Triumph of the Nerds », 2^e partie, réseau câblé PBS, juin 1996 ; Manes & Andrews, *Gates*, e3798.
97. Interview de Bill Gates & Paul Allen par Brent Schlender, *Fortune*, 2 octobre 1995 ; Manes & Andrews, *Gates*, e3868.
98. Manes & Andrews, *Gates*, e3886, e3892.
99. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.
100. Interview de Bill Gates & Paul Allen par Brent Schlender, *Fortune*, 2 octobre 1995
101. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.
102. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.
103. Interview de Bill Gates & Paul Allen par Brent Schlender, *Fortune*, 2 octobre 1995
104. Interview de Bill Gates par David Rubenstein, Harvard, 21 septembre 2013 (notes prises par l'auteur).
105. Interview de Bill Gates & Paul Allen par Brent Schlender, *Fortune*, 2 octobre 1995
106. Interview de Bill Gates par David Bunnell, *PC magazine*, 1^{er} février 1982.
107. Isaacson, *Steve Jobs*, p. 135.
108. Isaacson, *Steve Jobs*, p. 94.
109. Entretien de l'auteur avec Steve Jobs.
110. Présentation de Steve Jobs, janvier 1984, <https://www.youtube.com/watch?v=2B-XwPjn9YY>.
111. Isaacson, *Steve Jobs*, p. 173.
112. Entretien de l'auteur avec Andy Hertzfeld.
113. Entretiens de l'auteur avec Steve Jobs et Bill Gates.

114. Andy Hertzfeld, *Revolution in the Valley* (O'Reilly Media, 2005), p. 191. V. aussi Andy Hertzfeld, http://www.folklore.org/StoryView.py?story=A_Rich_Neighbor_Named_Xerox.txt.

115. Entretiens de l'auteur avec Steve Jobs et Bill Gates.

116. Entretien de l'auteur avec Steve Jobs.

117. Outre les sources citées ci-dessous, cette section s'appuie sur : mon entretien avec Richard Stallman ; Richard Stallman, ses essais, sa philosophie, sur <http://www.gnu.org/gnu/gnu.html> ; Sam Williams, *Free as in Freedom (2.0) : Richard Stallman and the Free Software Revolution* (Free Software Foundation, 2010, révisé par Richard M. Stallman) – en français *Richard Stallman et la révolution du logiciel libre : une biographie autorisée* (2^e édition), Paris : Eyrolles, 2013. Une première édition du livre de Williams avait été publiée par O'Reilly Media en 2002. Alors que cette édition était en voie d'achèvement, Stallman et Williams « se sont séparés en des termes pas vraiment cordiaux » suite aux objections de Stallman et à ses demandes de corrections. La version 2.0 tient compte des objections de Stallman et certains segments du livre ont été substantiellement remaniés. Tout cela est décrit par Stallman dans son avant-propos et par Williams dans sa préface de la version 2.0, que Stallman appellerait plus tard « ma semi-autobiographie ». À titre de comparaison, le texte de la première édition est consultable à l'adresse <http://oreilly.com/openbook/freedom/>.

118. Entretien de l'auteur avec Richard Stallman. V. aussi : K. C. Jones, « A Rare Glimpse into Richard Stallman's World », *InformationWeek*, 6 janvier 2006 ; interview de Richard Stallman, in Michael Gross, « Richard Stallman : High School Misfit, Symbol of Free Software, MacArthur-Certified Genius », 1999, www.mgross.com/interviews/stallman1.html ; Williams, *Free as in Freedom*, p. 26 & *passim*.

119. Richard Stallman, « The GNU Operating System and the Free Software Movement », in Chris DiBona & Sam Ockman, eds, *Open Sources : Voices from the Open Source Revolution* (O'Reilly, 1999) – en français *Tribune libre : ténors de l'informatique libre*, Paris : In Libro Veritas, 2006 ; trad. « libre » par un collectif de bénévoles.

120. Entretien de l'auteur avec Richard Stallman.

121. Richard Stallman, « The GNU Project », <http://www.gnu.org/gnu/thegnuproject.html>.

122. Williams, *Free as in Freedom*, p. 75.

123. Richard Stallman, « The GNU Manifesto », <http://www.gnu.org/gnu/manifesto.html>.

124. Richard Stallman, « What Is Free Software ? » et « Why Open Source Misses the Point of Free Software », <https://www.gnu.org/philosophy/>.

125. Richard Stallman, « The GNU System », <https://www.gnu.org/philosophy/>.

126. Interview de Richard Stallman par David Betz & Jon Edwards, *BYTE*, juillet 1986.

127. « Linus Torvalds », Linux Information Project, <http://www.linfo.org/linus.html>.

128. Linus Torvalds avec David Diamond, *Just for Fun* (HarperCollins, 2001), p. 4. En français : *Il était une fois Linux, l'extraordinaire histoire d'une révolution accidentelle*, Paris : Osman Eyrolles Multimedia, 2001 ; trad. Olivier Engler. Réédition *Linux, c'est gratuit ! mais aidez moi à l'installer*, Paris : L'École des loisirs, 2009.

129. Torvalds & Diamond, *Just for Fun*, p. 74, 4, 17 ; Michael Learmonth, « Giving It All Away », *San Jose Metro*, 8 mai 1997.

130. Torvalds & Diamond, *Just for Fun*, p. 52, 55, 64, 78, 72.

131. Linus Torvalds prononçant « Linux » : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/03/Linus-linux.ogg>.

132. Learmonth, « Giving It All Away ».

133. Torvalds & Diamond, *Just for Fun*, p. 58.

134. Linus Torvalds, « Free Minix-like Kernel Sources for 386-AT » message affiché sur le

135. Torvalds & Diamond, *Just for Fun*, p. 87, 93, 97, 119.
136. Gary Rivlin, « Leader of the Free World », *Wired*, novembre 2003.
137. Yochai Benkler, *The Penguin and the Leviathan : How Cooperation Triumphs over Self-Interest* (Crown, 2011) ; Yochai Benkler, « Coase's Penguin, or, Linux and the Nature of the Firm », *Yale Law Journal* (2002), <http://soc.ics.uci.edu/Resources/bibs.php?793>.
138. Eric Raymond, *The Cathedral and the Bazaar* (O'Reilly Media, 1999), p. 30. V. aussi l'article éponyme : http://www.linux-france.org/article/these/cathedrale-bazar/cathedrale-bazar_monoblock.html, trad. Sébastien Blondeel. (NdT)
139. Alexis de Tocqueville, *Democracy in America* (premières éditions 1835-40 ; édition Packard, emplacement Kindle 3041).
140. Torvalds & Diamond, *Just for Fun*, p. 122, 167, 120, 121.
141. Interview de Richard Stallman, *Reddit*, 29 juillet 2010, <http://www.redditblog.com/2010/07/rms-ama.html>.
142. Richard Stallman, « What's in a Name ? », <https://www.gnu.org/gnu/why-gnu-linux.html>.
143. Torvalds & Diamond, *Just for Fun*, p. 164.
144. « Black and White », message affiché sur le blog de Linus Torvalds, 2 novembre 2008, <http://torvalds-family.blogspot.com/2008/11/black-and-white.html>.
145. Torvalds & Diamond, *Just for Fun*, p. 163.
146. Raymond, *The Cathedral and the Bazaar*, p. 1.

10. En ligne

1. Courriel de Lawrence Landweber à l'auteur, 5 février 2014.
2. Ray Tomlinson, « The First Network Email », <http://openmap.bbn.com/~tomlinso/ray/firstemailframe.html>.
3. Courriel de Larry Brilliant à l'auteur, 14 février 2014.
4. Interview de Larry Brilliant, *Wired*, 20 décembre 2007.
5. Interview de Larry Brilliant, *Wired*, 20 décembre 2007.
6. Katie Hafner, *The Well* (Carroll & Graf, 2001), p. 10.
7. Hafner, *The Well*, p. 30 ; Turner, *From Counterculture to Cyberculture*, p. 145.
8. Howard Rheingold, *The Virtual Community* (Perseus, 1993), p. 9. En français *Les Communautés virtuelles*, Paris : Addison Wesley France, 1996.
9. Tom Mandel, « Confessions of a Cyberholic », *Time*, 1^{er} mars 1995. À ce moment-là, Mandel se savait condamné, et il avait demandé à ses rédacteurs chez *Time* – Phil Elmer-DeWitt, Dick Duncan et moi-même – s'il pourrait écrire en guise d'adieu une réflexion sur l'univers Internet.
10. Message de Tom Mandel affiché sur The WELL, <http://www.well.com/~cynsa/tom/tom13.html>. V. aussi « To Our Readers » [signé par l'éditrice Elizabeth Long mais rédigé par Phil Elmer-DeWitt], *Time*, 17 avril 1995.
11. Cette section s'appuie sur : des entretiens avec Steve Case, Jim Kimsey et Jean Case ; Julius Duschka, « For Computers, a Marrying Sam », *New York Times*, 25 décembre 1977 ; Michael Banks, *On the Way to the Web* (APress, 2008, emplacements de l'édition Kindle) ; Kara Swisher, *AOL.com* (Random House, 1998) ; Alec Klein, *Stealing Time : Steve Case, Jerry Levin*

and the Collapse of AOL Time Warner (Simon & Schuster, 2003). Steve Case, ami et collègue de longue date, a commenté et corrigé une version préliminaire de cette section.

12. Klein, *Stealing Time*, p. 11.
13. Banks, *On the Way to the Web*, e792, e743.
14. Banks, *On the Way to the Web*, e602, e1467.
15. Entretien de l'auteur avec Steve Case ; Banks, *On the Way to the Web*, e1503 ; Swisher, *AOL.com*, p. 27.
16. Exposé de Steve Case au colloque de technologie JP Morgan, San Francisco, 1^{er} mai 2001.
17. Nina Munk, *Fools Rush In* (Collins, 2004), p. 73.
18. Entretien de l'auteur avec Steve Case.
19. Swisher, *AOL.com*, p. 25.
20. Discours de Steve Case, Stanford, 25 mai 2010.
21. Discours de Steve Case, Stanford, 25 mai 2010.
22. Entretien de l'auteur avec Steve Case.
23. Discours de Steve Case, Stanford, 25 mai 2010.
24. Swisher, *AOL.com*, p. 27.
25. Entretien de l'auteur avec Steve Case.
26. Entretien de l'auteur avec Steve Case ; courriel de Case à l'auteur et ses commentaires à propos du brouillon affiché sur Medium.com. On ne sait pas exactement – les témoignages divergent – si von Meister était ou non impatient d'engager Steve Case ou si c'est Dan Case qui l'a poussé à le faire. D'après Swisher, *AOL.com*, p. 28, la première hypothèse est la bonne. D'après Banks, *On the Way to the Web*, e1507, c'est la deuxième. Il y a probablement des éléments de vérité dans chaque version.
27. Entretien de l'auteur avec Jim Kimsey.
28. Swisher, *AOL.com*, p. 53.
29. Swisher, *AOL.com*, p. 48.
30. Entretiens de l'auteur avec Steve Case, Steve Wozniak.
31. Discours de Steve Case, Stanford, 25 mai 2010.
32. Entretien de l'auteur avec Steve Case.
33. Entretien de l'auteur avec Steve Case.
34. Steve Case, historique oral dirigé par Walter Isaacson en 2013 à Harvard dans le cadre du projet Riptide, <http://www.niemanlab.org/riptide/person/steve-case/>. J'ai participé à ce projet d'historique oral sur le bouleversement numérique du journalisme, qui était géré par John Huey, Paul Sagan et Martin Nisenholtz.
35. Steve Case, historique oral, « How the Web Was Won », *Vanity Fair*, juillet 2008.
36. Entretien de l'auteur avec Jim Kimsey.
37. Discours de Steve Case, Stanford, 25 mai 2010.
38. Message de Dave Fischer sur le *newsgroup* alt.folklore.computers, 25 janvier 1994, <https://groups.google.com/forum/#!original/alt.folklore.computers/wF4CpYbWuuA/jS6ZOyJd10sJ>.
39. Wendy Grossman, *Net Wars* (NYU, 1977), p. 33.

40. Entretien de l'auteur avec Al Gore.

41. Interview d'Al Gore par Wolf Blitzer, « Late Edition », réseau CNN, 9 mars 1999, <http://www.cnn.com/ALLPOLITICS/stories/1999/03/09/president.2000/transcript.gore/>. La formulation exacte était « *I took the initiative in creating the Internet* ». Cf. <https://metaphorical.wordpress.com/2007/02/20/how-a-journalist-invented-that-al-gore-invented-the-internet/>. Les plaisanteries en question étaient du genre : « Si Gore a inventé Internet, alors moi j'ai inventé le trombone » ou « moi j'ai inventé les autoroutes », etc. (NdT)

42. Robert Kahn & Vinton Cerf, « Al Gore and the Internet », courriel adressé, entre autres, à Declan McCullough, 28 septembre 2000, <http://www.politechbot.com/p-01394.html>.

43. Newt Gingrich, discours devant l'American Political Science Association, 1^{er} septembre 2000.

11. Le Web

1. Tim Berners-Lee, *Weaving the Web* (HarperCollins, 1999), p. 4. V. aussi Mark Fischetti, « The Mind Behind the Web », *Scientific American*, 12 mars 2009.

2. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

3. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

4. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

5. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

6. Interview de Tim Berners-Lee, Academy of Achievement, 22 juin 2007.

7. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

8. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

9. *Enquire Within Upon Everything* (1894), <http://www.gutenberg.org/files/10766/10766-h/10766-h.htm>.

10. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 1.

11. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

12. Interview de Tim Berners-Lee, Academy of Achievement, 22 juin 2007.

13. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 10.

14. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 4.

15. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 14.

16. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

17. Interview de Tim Berners-Lee, Academy of Achievement, 22 juin 2007.

18. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 15.

19. John Naish, « The NS Profile : Tim Berners-Lee », *New Statesman*, 15 août 2011.

20. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 16, 18.

21. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 61.

22. Tim Berners-Lee, « Information Management : A Proposal », CERN, mars 1989, <http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>.

23. James Gillies & Robert Cailliau, *How the Web Was Born* (Oxford, 2000), p. 180.

24. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 26.

25. Gillies & Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 198.

26. Gillies & Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 190. « WWW » s'énonce en 9 syllabes en anglais, français, italien, par exemple, mais pas en allemand ou en néerlandais : « vévévé ». (NdT)

27. Interview de Robert Cailliau, « How the Web Was Won », *Vanity Fair*, juillet 2008.

28. Gillies & Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 234.

29. Tim Smith & François Flückiger, « Licensing the Web », CERN, <http://home.web.cern.ch/topics/birth-web/licensing-web>.

30. Tim Berners-Lee, « The World Wide Web and the “Web of Life” », 1998, <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/UU.html>.

31. Tim Berners-Lee, message au newsgroup alt.hypertext, 6 août 1991, <http://www.w3.org/People/Berners-Lee/1991/08/art-6484.txt>.

32. Nick Bilton, « As the Web Turns 25, Its Creator Talks about Its Future », *New York Times*, 11 mars 2014.

33. Gillies & Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 203. V. aussi Matthew Lasar, « Before Netscape », *Ars Technica*, 11 octobre 2011.

34. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 56.

35. Gillies & Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 217.

36. Entretien de l'auteur avec Marc Andreessen.

37. Entretien de l'auteur avec Marc Andreessen.

38. Robert Reid, *Architects of the Web* (Wiley, 1997), p. 7.

39. Gillies & Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 239 ; newsgroup alt.hypertext, Friday, 29 janvier 1993, 12 : 22 : 43 GMT, <http://www.jmc.sjsu.edu/faculty/rcraig/mosaic.txt>.

40. Entretien de l'auteur avec Marc Andreessen.

41. Gillies & Cailliau, *How the Web Was Born*, p. 240.

42. Entretien de l'auteur avec Marc Andreessen.

43. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 70 ; entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

44. Entretien de l'auteur avec Marc Andreessen.

45. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

46. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 70.

47. Berners-Lee, *Weaving the Web*, p. 65.

48. Ted Nelson, « Computer Paradigm », <http://xanadu.com.au/ted/TN/WRITINGS/TCOMPARADIGM/tedCompOneLiners.html>.

49. Interview de Jaron Lanier par Eric Allen Bean, Nieman Journalism Lab, 22 mai 2013.

50. John Huey, Martin Nisenholtz & Paul Sagan, « Riptide », John F. Kennedy School of Government, université Harvard, <http://www.niemanlab.org/riptide/>.

51. Entretien de l'auteur avec Marc Andreessen.

52. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

53. Entretien de l'auteur avec Marc Andreessen.

54. John Markoff, « A Free and Simple Computer Link », *New York Times*, 8 décembre 1993.

55. Cette section se fonde principalement sur mes entretiens avec Justin Hall et sur ses propres messages affichés à l'adresse <http://www.links.net/>.

56. Justin Hall, « Justin's Links », <http://www.links.net/vita/web/story.html>.
57. Entretiens de l'auteur avec Justin Hall, Joan Hall.
58. Entretien de l'auteur avec Howard Rheingold ; Howard Rheingold, *The Virtual Community* (Perseus, 1993).
59. Entretiens de l'auteur avec Justin Hall, Howard Rheingold ; Gary Wolf, *Wired – A Romance* (Random House, 2003), p. 110.
60. Scott Rosenberg, *Say Everything* (Crown, 2009), p. 24.
61. Rosenberg, *Say Everything*, p. 44.
62. Justin Hall, « Exposing Myself », affiché par Howard Rheingold, <http://www.well.com/~hjr/jam/justin/justinexposing.html>.
63. Entretien de l'auteur avec Arianna Huffington.
64. Clive Thompson, *Smarter Than You Think* (Penguin, 2013), p. 68.
65. Hall, « Exposing Myself ».
66. Entretien de l'auteur avec Ev Williams. Cette section s'appuie aussi sur : interview d'Ev Williams in Jessica Livingston, *Founders at Work* (Apress, 2007), e2701 & *passim* – en français, *Les plus grandes réussites du Web*, Paris : ESF, 2008 ; trad. Judith Strauser & Hayet Difallah ; Nick Bilton, *Hatching Twitter* (Portfolio, 2013), p. 9 & *passim* ; Rosenberg, *Say Everything*, p. 104 & *passim* ; Rebecca Mead, « You've Got Blog », *New Yorker*, 13 novembre 2000.
67. Dave Winer, « Scripting News in XML », 15 décembre 1997, <http://scripting.com/davenet/1997/12/15/scriptingNewsInXML.html>.
68. Livingston, *Founders at Work*, e2094.
69. Livingston, *Founders at Work*, e2109, e2123, e2218.
70. Meg Hourihan, « A Sad Kind of Day », http://web.archive.org/web/20010917033719/http://www.megnut.com/archive.asp?which=2001_02_01_archive.inc ; Rosenberg, *Say Everything*, p. 122.
71. Ev Williams, « And Then There Was One », 31 janvier 2001, http://web.archive.org/web/20011214143830/http://www.evhead.com/longer/2200706_essays.asp.
72. Livingston, *Founders at Work*, e2252.
73. Livingston, *Founders at Work*, e2252.
74. Williams, « And Then There Was One ».
75. Dan Bricklin, « How the Blogger Deal Happened », 15 avril 2001, <http://danbricklin.com/log/blogger.htm> ; Dan Bricklin, *Bricklin on Technology* (Wiley, 2009), p. 206.
76. Livingston, *Founders at Work*, e2289, e2302. Kinko's était une chaîne d'agences de photocopie et de bureautique en libre-service fondée en 1970 et rachetée par Federal Express en 2004. Kinko n'est pas du japonais, mais le surnom du fondateur, qui avait les cheveux frisés (*kinky*). (*NdT*)
77. Entretien de l'auteur avec Ev Williams.
78. Entretien de l'auteur avec Ev Williams.
79. Entretien de l'auteur avec Ev Williams.
80. Andrew Lih, *The Wikipedia Revolution : How a Bunch of Nobodies Created the World's Greatest Encyclopedia* (Hyperion, 2009), e1111. V. aussi Ward Cunningham & Bo Leuf, *The Wiki Way : Quick Collaboration on the Web* (Addison-Wesley, 2001) ; Ward Cunningham, « HyperCard Stacks », <http://c2.com/~ward/HyperCard/> ; Ward Cunningham, discours d'ouverture, Wikimania, 1^{er} août 2005.

81. Ward Cunningham, « Invitation to the Pattern List », 1^{er} mai 1995, <http://c2.com/cgi/wiki?InvitationToThePatternsList>.

82. Ward Cunningham, correspondance sur l'étymologie de *wiki*, <http://c2.com/doc/etymology.html>.

83. Interview de Tim Berners-Lee, Projet Riptide, Schornstein Center, Harvard, 2013.

84. Kelly Kazek, « Wikipedia Founder, Huntsville Native Jimmy Wales, Finds Fame Really Cool », *News Courier* (Athens, Alabama), 12 août 2006.

85. Entretien de l'auteur avec Jimmy Wales.

86. Entretien de l'auteur avec Jimmy Wales ; Lih, *The Wikipedia Revolution*, e585.

87. Marshall Poe, « The Hive », *Atlantic*, septembre 2006.

88. Interview de Jimmy Wales par Brian Lamb, réseau câblé C-SPAN, 25 septembre 2005.

89. Entretien de l'auteur avec Jimmy Wales ; Eric Raymond, « The Cathedral and the Bazaar », présenté pour la première fois en 1997, réimprimé dans *The Cathedral and the Bazaar* (O'Reilly Media, 1999).

90. Richard Stallman, « The Free Universal Encyclopedia and Learning Resource » (1999), <http://www.gnu.org/encyclopedia/free-encyclopedia.html>.

91. Larry Sanger, « The Early History of Nupedia and Wikipedia », Slashdot.org, <http://beta.slashdot.org/story/56499> ; et O'Reilly Commons, http://commons.oreilly.com/wiki/index.php/Open_Sources_2.0/Beyond_Open_Source ; Collaboration_and_Community/The_Early_History_of_Nupedia_and_Wikipedia :_A_Memoir.

92. Larry Sanger, « Become an Editor or Peer Reviewer ! », projet Nupedia, <http://archive.is/IWDNq>.

93. Entretien de l'auteur avec Jimmy Wales ; Lih, *The Wikipedia Revolution*, e960.

94. Entretien de l'auteur avec Jimmy Wales.

95. Larry Sanger, « Origins of Wikipedia », page utilisateur de Sanger, http://en.wikipedia.org/wiki/User:Larry_Sanger/Origins_of_Wikipedia ; Lih, *The Wikipedia Revolution*, e1049.

96. Ben Kovitz, « The Conversation at the Taco Stand », page utilisateur de Kovitz, <http://en.wikipedia.org/wiki/User:BenKovitz>.

97. Jimmy Wales, « Re : Sanger's Memoirs », fil de discussion, avril 2005, <http://lists.wikimedia.org/pipermail/wikipedia-l/2005-April/021463.html>.

98. Jimmy Wales & Larry Sanger, « Re : Sanger's Memoirs », fil de discussion, avril 2005, <http://lists.wikimedia.org/pipermail/wikipedia-l/2005-April/021460.html>, <http://lists.wikimedia.org/pipermail/wikipedia-l/2005-April/021469.html>, et la suite. V. aussi Larry Sanger, « My Role in Wikipedia », <http://larrysanger.org/roleinwp.html> ; « User : Larry Sanger/Originsof Wikipedia », http://en.wikipedia.org/wiki/User:Larry_Sanger/Origins_of_Wikipedia ; « History of Wikipedia » et sa page discussions, http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Wikipedia, avec les modifications apportées à l'article par Jimmy Wales, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Jimmy_Wales&diff=next&oldid=29849184 ; Talk : Bomis, révisions effectuées par Jimmy Wales, <http://en.wikipedia.org/w/index.php?diff=11139857>.

99. Kovitz, « The Conversation at the Taco Stand ».

100. Larry Sanger, « Let's Make a Wiki », fil de discussion sur Nupedia, 10 janvier 2001, <http://archive.is/yovNt>.

101. Lih, *The Wikipedia Revolution*, e1422.

102. Clay Shirky, « Wikipedia – An Unplanned Miracle », *Guardian*, 14 janvier 2011 ; v.

aussi Clay Shirky, *Here Comes Everybody : The Power of Organizing without Organizations* (Penguin, 2008) et *Cognitive Surplus : Creativity and Generosity in a Connected Age* (Penguin, 2010).

103. Entretien de l'auteur avec Jimmy Wales.

104. Larry Sanger, « Why Wikipedia Must Jettison Its Anti-Elitism », 31 décembre 2004, www.LarrySanger.org.

105. Communiqué de presse Wikipedia, 15 janvier 2002, http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Press_releases/January_2002.

106. Entretien de l'auteur avec Jimmy Wales.

107. Shirky, « Wikipedia – An Unplanned Miracle ».

108. Yochai Benkler, « Coase's Penguin, or, Linux and the Nature of the Firm », *Yale Law Journal* (2002), <http://soc.ics.uci.edu/Resources/bibs.php?793> ; Yochai Benkler, *The Penguin and the Leviathan : How Cooperation Triumphs over Self-Interest* (Crown, 2011). Benkler utilise le terme *commons-based peer production*. (NdT)

109. Daniel Pink, « The Buck Stops Here », *Wired*, mars 2005 ; Tim Adams, « For Your Information », *Guardian*, 30 juin 2007 ; page utilisateur de lord Emsworth, http://en.wikipedia.org/wiki/User:Lord_Emsworth ; Peter Steiner, caricature dans le *New Yorker* du 5 juillet 1993, reproduite à l'adresse http://en.wikipedia.org/wiki/On_the_Internet,_nobody_knows_you're_a_dog.

110. Jonathan Zittrain, *The Future of the Internet and How to Stop It* (Yale, 2008), p. 147.

111. Entretien de l'auteur avec Jimmy Wales.

112. Entretien de l'auteur avec Jimmy Wales.

113. John Battelle, *The Search* (Portfolio, 2005 ; emplacements de l'édition Kindle), e894. En français, *La Révolution Google : comment les moteurs de recherche ont réinventé notre économie et notre culture*, Paris : Eyrolles, 2006 ; trad. Dov Rueff.

114. Battelle, *The Search*, e945 ; rencontre de l'auteur avec Srinija Srinivasan.

115. 1. Outre les sources citées ci-dessous, cette section se fonde sur : mon entretien et mes conversations avec Larry Page ; discours de Larry Page pour la remise des diplômes à l'université du Michigan, 2 mai 2009 ; interviews de Larry Page et de Sergey Brin, Academy of Achievement, 28 octobre 2000 ; « The Lost Google Tapes », interviews de Sergey Brin, Larry Page et d'autres personnalités par John Ince, janvier 2000, <http://www.podtech.net/home/?s=Lost+Google+Tapes> ; John Ince, « Google Flashback – My 2000 Interviews », *Huffington Post*, 6 février 2012 ; Ken Auletta, *Googled* (Penguin, 2009) ; Battelle, *The Search* ; Richard Brandt, *The Google Guys* (Penguin, 2011) ; Steven Levy, *In the Plex* (Simon & Schuster, 2011) ; Randall Stross, *Planet Google* (Free Press, 2008) – en français *Planète Google : faut-il avoir peur du géant du Web ?*, Paris : Pearson Education France, 2009 ; trad. Michel Le Séac'h ; David Vise & Mark Malseed, *The Google Story* (Delacorte, 2005) – en français *Google story : enquête sur l'entreprise qui est en train de changer le monde*, Paris : Dunod, 2006 ; trad. Dominique & François Maniez ; Douglas Edwards, *I'm Feeling Lucky : The Confessions of Google Employee Number 59* (Mariner, 2012) ; Brenna McBride, « The Ultimate Search », *College Park*, printemps 2000 ; Mark Malseed, « The Story of Sergey Brin », *Moment*, février 2007.

116. Entretien de l'auteur avec Larry Page.

117. Interview de Larry Page, Academy of Achievement.

118. Interview de Larry Page par Andy Serwer, *Fortune*, 1^{er} mai 2008.

119. Entretien de l'auteur avec Larry Page.

120. Entretien de l'auteur avec Larry Page.

121. Entretien de l'auteur avec Larry Page.

122. Larry Page, discours à l'université du Michigan.
123. Entretien de l'auteur avec Larry Page.
124. Entretien de l'auteur avec Larry Page.
125. Entretien de l'auteur avec Larry Page.
126. Battelle, *The Search*, e1031.
127. Auletta, *Googled*, p. 28.
128. Interview de Larry Page et de Sergey Brin par Barbara Walters, ABC News, 8 décembre 2004.
129. Exposé de Sergey Brin, congrès « Breakthrough Learning », au siège de Google, 12 novembre 2009.
130. Malseed, « The Story of Sergey Brin ».
131. Interview de Sergey Brin, Academy of Achievement.
132. McBride, « The Ultimate Search ».
133. Auletta, *Googled*, p. 31.
134. Auletta, *Googled*, p. 32. Explication détaillée dans William Poundstone, *Are You Smart Enough to Work at Google ?*, New York : Little, Brown, 2011, ch. 5. En français : *Êtes-vous assez intelligent pour travailler chez Google ?*, Paris : Lattès, 2013, trad. Bernard Sigaud, p. 106. (NdT)
135. Vise, *The Google Story*, p. 33.
136. Auletta, *Googled*, p. 39.
137. Entretien de l'auteur avec Larry Page.
138. Entretien de l'auteur avec Larry Page.
139. Interview de Terry Winograd par Bill Moggridge, <http://www.designinginteractions.com/interviews/TerryWinograd>.
140. Entretien de l'auteur avec Larry Page.
141. Craig Silverstein, Sergey Brin, Rajeev Motwani & Jeff Ullman, « Scalable Techniques for Mining Causal Structures, » *Data Mining and Knowledge Discovery*, juillet 2000.
142. Entretien de l'auteur avec Larry Page.
143. Entretien de l'auteur avec Larry Page.
144. Larry Page, discours à l'université du Michigan.
145. Vise, *The Google Story*, p. 10.
146. Larry Page, discours à l'université du Michigan.
147. Battelle, *The Search*, e1183.
148. Battelle, *The Search*, e1114.
149. Larry Page, discours à l'université du Michigan.
150. Entretien de l'auteur avec Larry Page.
151. Levy, *In the Plex*, e415, où il cite les remarques de Page relevées au PC Forum 2001, qui s'était tenu à Scottsdale, en Arizona.
152. Interview de Sergey Brin par John Ince, « The Lost Google Tapes », 2^e partie.
153. Sergey Brin, Rajeev Motwani, Larry Page, Terry Winograd, « What Can You Do with a Web in Your Pocket ? » *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data*

Engineering, 1998.

154. Entretien de l'auteur avec Larry Page.

155. Levy, *In the Plex*, e358.

156. Levy, *In the Plex*, e430.

157. Interview de Sergey Brin par John Ince, « The Lost Google Tapes », 2^e partie, <http://www.podtech.net/home/1728/podventurezone-lost-google-tapes-part-2-sergey-brin>.

158. Levy, *In the Plex*, e947.

159. Entretien de l'auteur avec Larry Page.

160. Sergey Brin & Larry Page, « The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine », septième congrès international du Web, avril 1998, Brisbane, Australie.

161. Vise, *The Google Story*, p. 30.

162. Entretien de l'auteur avec Larry Page.

163. Interviews de David Cheriton, Mike Moritz et Sergey Brin par John Ince, « The Lost Google Tapes » ; Vise, *The Google Story*, p. 47 ; Levy, *In the Plex*, e547.

164. Vise, *The Google Story*, p. 47 ; Battelle, *The Search*, p. 86.

165. Interview de Sergey Brin par John Ince, « The Lost Google Tapes ».

166. Interview de Larry Page par John Ince, « The Lost Google Tapes. »

167. Auletta, *Googled*, p. 44.

168. Interview de Sergey Brin par John Ince, « The Lost Google Tapes », 2^e partie.

12. Éternelle Ada

1. Dyson, *Turing's Cathedral*, e6321 ; John von Neumann, *The Computer and the Brain* (Yale, 1958), p. 80.

2. Gary Marcus, « Hying Artificial Intelligence, Yet Again », *New Yorker*, 1^{er} janvier 2014, où il cite « New Navy Device Learns by Doing » (dépêche de l'agence UPI), *New York Times*, 8 juillet 1958 ; « Rival », *New Yorker*, 6 décembre 1958.

3. Marvin Minsky et Seymour Papert, les gourous originaux de l'intelligence artificielle, ont contesté certaines des prémisses de Rosenblatt, après quoi l'enthousiasme suscité par le Perceptron s'est dissipé et le domaine de l'IA tout entier est entré dans une période de déclin dite « hiver de l'IA ». V. Danny Wilson, « Tantalizingly Close to a Mechanized Mind : The Perceptrons Controversy and the Pursuit of Artificial Intelligence », mémoire de maîtrise, Harvard, décembre 2012 ; Frank Rosenblatt, « The Perceptron : A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain », *Psychological Review*, automne 1958 ; Marvin Minsky & Seymour Papert, *Perceptrons* (MIT, 1969).

4. Entretien de l'auteur avec Ginni Rometty.

5. Garry Kasparov, « The Chess Master and the Computer », *New York Review of Books*, 11 février 2010 ; Clive Thompson, *Smarter Than You Think* (Penguin, 2013), p. 3.

6. « Watson on Jeopardy », site Internet « Smarter Planet » d'IBM, 14 février 2011, <http://asmarterplanet.com/blog/2011/02/watson-on-jeopardy-day-one-man-vs-machine-for-global-bragging-rights.html>.

7. John Searle, « Watson Doesn't Know It Won on Jeopardy », *Wall Street Journal*, 23 février 2011.

8. John E. Kelly III & Steve Hamm, *Smart Machines* (Columbia, 2013), p. 4. Steve Hamm, journaliste spécialiste en technologie, travaille maintenant comme rédacteur et stratège en communication pour IBM. J'ai attribué les opinions exprimées dans le livre à John Kelly, qui

est le directeur de la recherche chez IBM.

9. Larry Hardesty, « Artificial-Intelligence Research Revives Its Old Ambitions », *MIT News*, 9 septembre 2013.

10. James Somers, « The Man Who Would Teach Computers to Think », *Atlantic*, novembre 2013.

11. Gary Marcus, « Why Can't My Computer Understand Me », *New Yorker*, 16 août 2013.

12. Steven Pinker, *The Language Instinct* (Harper, 1994), p. 191 – en français *L'Instinct du langage*, Paris : Odile Jacob, 2013 ; trad. Marie-France Desjeux.

13. Stuart Russell & Peter Norvig, *Artificial Intelligence : A Modern Approach* (Prentice Hall, 1995), p. 566 – en français *Intelligence artificielle*, Paris : Pearson Education France, 2010 ; trad. sous la direction de Fabrice Popineau.

14. Entretien de l'auteur avec Bill Gates.

15. Nicholas Wade, « In Tiny Worm, Unlocking Secrets of the Brain », *New York Times*, 20 juin 2011 ; « The Connectome of a Decision-Making Neural Network », *Science*, 27 juillet 2012 ; la fondation Dana, <https://www.dana.org/News/Details.aspx?id=43512>.

16. John Markoff, « Brainlike Computers, Learning from Experience », *New York Times*, 28 décembre 2013. Markoff, qui produit depuis longtemps des articles profonds dans ce domaine, écrit actuellement un ouvrage explorant les implications des machines qui peuvent remplacer la main-d'œuvre humaine.

17. « Neuromorphic Computing Platform », le projet « Human Brain », <https://www.humanbrainproject.eu/neuromorphic-computing-platform1> ; Bennie Mols, « Brainy Computer Chip Ditches Digital for Analog », *Communications of the ACM*, 27 février 2014 ; Klint Finley, « Computer Chips That Work Like a Brain Are Coming – Just Not Yet », *Wired*, 31 décembre 2013. Beau Cronin de O'Reilly Media a proposé un jeu pour piliers de bar : « Envoyez-vous un petit verre chaque fois que vous trouvez un article ou un blog décrivant un nouveau système d'IA censé fonctionner ou penser "comme le cerveau" » (<http://radar.oreilly.com/2014/05/it-works-like-the-brain-so.html>), et il gère un tableau d'affichage en ligne d'articles de presse et de citations de blogs qui propagent pareilles idées (<https://pinboard.in/u:beaucronin/t:like-the-brain/#>).

18. Entretien de l'auteur avec Tim Berners-Lee.

19. Vernor Vinge, « The Coming Technological Singularity », *Whole Earth Review*, hiver 1993. V. aussi Ray Kurzweil, « Accelerating Intelligence », <http://www.kurzweilai.net/>.

20. J. C. R. Licklider, « Man-Computer Symbiosis », *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, mars 1960.

21. Kelly & Hamm, *Smart Machines*, p. 7.

22. Kasparov, « The Chess Master and the Computer ».

23. Kelly & Hamm, *Smart Machines*, p. 2.

24. « Why Cognitive Systems ? », site Internet de la recherche IBM, <http://www.research.ibm.com/cognitive-computing/why-cognitive-systems.shtml>.

25. Entretien de l'auteur avec David McQueeney.

26. Entretien de l'auteur avec Ginni Rometty.

27. Entretien de l'auteur avec Ginni Rometty.

28. Kelly & Hamm, *Smart Machines*, p. 3.

29. « Accelerating the Co-Evolution », institut Doug Engelbart, <http://www.dougenelbart.org/about/co-evolution.html> ; Thierry Bardini, *Bootstrapping : Douglas Engelbart, Coevolution, and the Origins of Personal Computing* (Stanford, 2000).

30. Nick Bilton, *Hatching Twitter* (Portfolio, 2013), p. 203.
31. Habituellement attribué à tort à Thomas Edison, bien que rien ne prouve qu'il l'ait jamais dit. Souvent repris par Steve Case.
32. Yochai Benkler, « Coase's Penguin, or, Linux and the Nature of the Firm », *Yale Law Journal* (2002).
33. Steven Johnson, « The Internet ? We Built That », *New York Times*, 21 septembre 2012.
34. Entretien de l'auteur avec Larry Page. La citation de Steve Jobs provient d'un entretien que j'ai réalisé avec lui pour mon précédent ouvrage.
35. Kelly & Hamm, *Smart Machines*, p. 7.

Crédits photographiques

Ada Lovelace : Hulton Archive/Getty Images

Lord Byron : © The Print Collector/Corbis

Charles Babbage : Popperfoto/Getty Images

Machine à différences : Allan J. Cronin

Machine analytique : Science Photo Library/Getty Images

Métier Jacquard : David Monniaux

Portrait de Jacquard : © Corbis

Vannevar Bush : © Bettmann/Corbis

Alan Turing : Wikimedia Commons/Original conservé aux Archives centrales de King's College, Cambridge

Claude Shannon : Alfred Eisenstaedt/The LIFE Picture Collection/Getty Images

George Stibitz : université Denison, département de Mathématique et Informatique

Konrad Zuse : avec l'aimable autorisation de Horst Zuse

John Atanasoff : département des Collections spéciales/université d'État de l'Iowa

Ordinateur d'Atanasoff-Berry : département des Collections spéciales/université d'État de l'Iowa

Howard Aiken : archives de l'université Harvard, cote UAV 362.7295.8p, B 1, F 11, S 109

John Mauchly : Apic/Contributor/Hulton Archive/Getty Images

Presper Eckert : © Bettmann/Corbis

L'ENIAC en 1946 : archives de l'université de Pennsylvanie

Howard Aiken & Grace Hopper : cliché pris par un photographe de presse / © 1946 *The Christian Science Monitor* (www.CSMonitor.com). Reproduit avec la permission du journal et avec l'aimable autorisation de la Grace Murray Hopper Collection, aux Archives centrales du Musée national d'histoire américaine, Smithsonian Institution.

Jean Jennings & Frances Bilas avec l'ENIAC : US Army

Jean Jennings : © Musée d'informatique Jean Jennings Bartik – université d'État du Missouri Nord-Est. Tous droits réservés. Reproduit avec permission.

Betty Snyder : © Musée d'informatique Jean Jennings Bartik – université d'État du Missouri Nord-Est. Tous droits réservés. Reproduit avec permission.

John von Neumann : © Bettmann/Corbis

Herman Goldstine : avec l'aimable autorisation du Computer History Museum

Presper Eckert et Walter Cronkite avec l'UNIVAC : Bureau du recensement américain

John Bardeen, William Shockley, Walter Brattain : Lucent Technologies/Agence France-Presse/Newscom

Le premier transistor : réimprimé avec l'autorisation d'Alcatel-Lucent USA Inc.

William Shockley fête après son prix Nobel : avec l'aimable autorisation de Bo Lojek du Computer History Museum

Robert Noyce : © Wayne Miller/Magnum Photos

Gordon Moore : Intel Corporation

Fairchild Semiconductor : © Wayne Miller/Magnum Photos

Jack Kilby : Fritz Goro/The LIFE Picture Collection/Getty Images

Le circuit intégré de Kilby : image reproduite avec l'aimable autorisation de Texas Instruments

Arthur Rock : Louis Fabian Bachrach

Andy Grove, Robert Noyce, Gordon Moore : Intel Corporation

Dan Edwards & Peter Samson jouant à Spacewar : avec l'aimable autorisation du Computer History Museum

Nolan Bushnell : © Ed Kashi/VII/Corbis

J. C. R. Licklider : Karen Tweedy-Holmes

Bob Taylor : avec l'aimable autorisation de Bob Taylor

Larry Roberts : avec l'aimable autorisation de Larry Roberts

Donald Davies : National Physical Laboratory © Crown Copyright/
Science Source Images

Paul Baran : avec l'aimable autorisation de la RAND Corp.

Leonard Kleinrock : avec l'aimable autorisation de Len Kleinrock

Vinton Cerf & Bob Kahn : © Louie Psihoyos/Corbis

Ken Kesey : © Joe Rosenthal/San Francisco Chronicle/Corbis

Stewart Brand : © Bill Young/San Francisco Chronicle/Corbis

Couverture du Whole Earth Catalog : Whole Earth Catalog

Doug Engelbart : SRI International

La première souris : SRI International

Stewart Brand : SRI International

Alan Kay : avec l'aimable autorisation du Computer History Museum

Dessin du Dynabook : avec l'aimable autorisation d'Alan Kay

Lee Felsenstein : Cindy Charles

Couverture du People's Computer Company #1 : DigiBarn Computer
Museum

Ed Roberts : avec l'aimable autorisation du Computer History
Museum

Couverture de Popular Electronics : DigiBarn Computer Museum

Paul Allen & Bill Gates : Bruce Burgess, avec l'aimable autorisation
de la Lakeside School, de Bill Gates, Paul Allen et Fredrica Rice

Bill Gates : Wikimedia Commons/Albuquerque, police du Nouveau-
Mexique.

L'équipe Microsoft : avec l'aimable autorisation des archives
Microsoft

Steve Jobs & Steve Wozniak : © DB Apple/dpa/Corbis

Steve Jobs (capture d'écran) : YouTube

Richard Stallman : Sam Ogden

Linus Torvalds : © Jim Sugar/Corbis

Stewart Brand & Larry Brilliant : © Winni Wintermeyer

William von Meister : The Washington Post/Getty Images

Steve Case : avec l'aimable autorisation de Steve Case

Tim Berners-Lee : CERN

Marc Andreessen : © Louise Psihoyos/Corbis

Justin Hall & Howard Rheingold : avec l'aimable autorisation de Justin Hall

Dan Bricklin & Ev Williams : Don Bulens

Jimmy Wales : Terry Foote via Wikimedia Commons

Sergey Brin & Larry Page : Associated Press

Ada Lovelace : Hulton Archive/Getty Images

L'Homme vitruvien : © The Gallery Collection/Corbis

Crédits photographiques de la chronologie

Ada Lovelace : Hulton Archive/Getty Images

Herman Hollerith : Library of Congress via Wikimedia Commons

Vannevar Bush (première image) : © Bettmann/Corbis

Tube à vide : Ted Kinsman/Science Source

Alan Turing : Wikimedia Commons/original aux Archives centrales de King's College, Cambridge

Claude Shannon : Alfred Eisenstaedt/The LIFE Picture Collection/Getty Images

Howard Aiken : archives de l'université Harvard, cote UAV 362.7295.8p, B 1, F 11, S 109

John Atanasoff : département des Collections spéciales/université d'État de l'Iowa

Bletchley Park : Draco2008 via Wikimedia Commons

Konrad Zuse : avec l'aimable autorisation de Horst Zuse

John Mauchly : Apic/Hulton Archive/Getty Images

Ordinateur d'Atanasoff-Berry : département des Collections spéciales/

université d'État de l'Iowa

Le Colossus : Bletchley Park Trust/SSPL via Getty Images

Le Harvard Mark I : université Harvard

John von Neumann : © Bettmann/Corbis

L'ENIAC : service photographique de l'armée américaine

Vannevar Bush (deuxième image) : © Corbis

L'invention du transistor aux laboratoires Bell : Lucent Technologies/
Agence France-Presse/Newscom

Grace Hopper : Centre d'information visuel du ministère de la
Défense

L'UNIVAC : bureau du Recensement

Poste à transistors Regency TR-1 : © Mark Richards/CHM

William Shockley : Emilio Segré Visual Archives / American Institute
of Physics / Science Source

Semi-conducteur Fairchild : © Wayne Miller/Magnum Photos

Spoutnik I : NASA

Jack Kilby : Fritz Goro/The LIFE Picture Collection/Getty Images

J. C. R. Licklider : musée du MIT

Paul Baran : avec l'aimable autorisation de la RAND Corp.

Spacewar : avec l'aimable autorisation du Computer History
Museum

La première souris : SRI International

Ken Kesey : © Hulton-Deutsch Collection/Corbis

Gordon Moore : Intel Corporation

Stewart Brand : © Bill Young/San Francisco Chronicle/Corbis

Bob Taylor : avec l'aimable autorisation de Bob Taylor

Larry Roberts : avec l'aimable autorisation de Larry Roberts

Robert Noyce, Gordon Moore, Andy Grove : Intel Corporation

Couverture du Whole Earth Catalog : Whole Earth Catalog

Doug Engelbart : SRI International

Nœuds ARPANET : avec l'aimable autorisation de Raytheon BBN
Technologies

Intel 4004 : Intel Corporation

Ray Tomlinson : avec l'aimable autorisation de Raytheon BBN Technologies

Nolan Bushnell : © Ed Kashi/VII/Corbis

Alan Kay : avec l'aimable autorisation du Computer History Museum

Terminal Community Memory : avec l'aimable autorisation du Computer History Museum

Vinton Cerf & Bob Kahn : © Louie Psihoyos/Corbis

Couverture de Popular Electronics : DigiBarn Computer Museum

Bill Gates & Paul Allen : Bruce Burgess, avec l'aimable autorisation de la Lakeside School, de Bill Gates, Paul Allen et Fredrica Rice

Apple I : Ed Uthman

Apple II : © Mark Richards/CHM

IBM PC : IBM/Science Source

Bill Gates annonce Windows : © Deborah Feingold/Corbis

Richard Stallman : Sam Ogden

Steve Jobs et le Macintosh : Diana Walker/Contour By Getty Images

Logotype du WELL : image reproduite avec l'aimable autorisation de The WELL à l'adresse www.well.com. Ce logotype est une marque déposée du Well Group Incorporated.

Linus Torvalds : © Jim Sugar/Corbis

Tim Berners-Lee : CERN

Marc Andreessen : © Louie Psihoyos/Corbis

Steve Case : avec l'aimable autorisation de Steve Case

Justin Hall : avec l'aimable autorisation de Justin Hall

Garry Kasparov : Associated Press

Sergey Brin & Larry Page : Associated Press

Ev Williams : avec l'aimable autorisation d'Ev Williams

Jimmy Wales : Terry Foote via Wikimedia Commons

Le Watson d'IBM : Ben Hider/Getty Images